清代詩文集彙編

八一

新文豐出版公司印行

叢書集成續編　第八二冊目錄

自然科學類

新文豐

化學

化學材料中西名目表一卷……□　不著撰人　西學富强　一

物理學

電學綱目一卷……英　田大里輯　西學富强　四三
電學十卷……英　瑙挨德著　西學富强　八三
電氣鍍金四卷……布　金楷理口譯　清　徐華封筆述　西學富强　三六七
電氣鍍鎳一卷……英　傅蘭雅口譯　清　徐華封筆述　西學富强　四三七
重學二十卷……英　艾約瑟口譯　清　李善蘭筆述　西學富强　四五三
光學二卷附視學諸器圖說一卷……布　金楷理口譯　清　趙元益筆述　西學富强　六四三

化學材料名目表

化學材料中西名目表

小序

是表於同治九年在江南製造總局、繙譯化學鑑原、續編、補編、時所作、原意祇將此表、附於本書之後、但因陸續加入別種化學書內之名目、冀其用處、更覺寬廣、

各種化學材料、有中國尚未知者、有前繙譯家尚未定名者、無奈必設公法、特命新名、

所有原質、多無華名、自必設立新者、而以一字爲主、或按其形性大意而命之、或照西字要聲而譯之

所有雜質之名、率照西國之法、將其原質之名與數併而成之、中國有者、另爲釋註、

所有生物質之名或將其原意譯其要略、或按其西音譯以華字、因此不免字多、名似過長、內有屬於礦學與藥品之名目、亦歸同法譯之、惟另有此兩種學之細目、刊印成表、故此表不多及之

本局初譯化學類之書時、西國所用各質之分劑數、適在廢舊法而興新法之間、當時祇能得用舊法之書爲底本、後雖新法盛行、而本局已刻化學諸書、均依舊法、如今改用新法、則前後不應、恐誤學者、故仍前分劑、以歸一律、然以舊法變爲新法、或以新法變爲舊法、觀化學書內所設公法、即易明悉、

光緒十年十二月十一日識

VOCABULARY OF NAMES OF CHEMICAL SUBSTANCES

THIS vocabulary was commenced in 1869 during the translation of the First edition of "Bloxam's Chemisty," and was primarily intended only as an appendix to that work; but a few terms have subsequently been added making it more generally useful.

A system had to be invented to express the names of substances unknown to the Chinese and not fixed by previous translators.

For most of the elementary substances new terms of course had to be coined, one Chinese character being found sufficient for each. Some of these new terms are descriptive while others are merely phonetic and represent the prominent sound in the Foreign name.

For compound inorganic substances generally, the elements with the number of their equivalents are combined in the same way as in the Symbols used in Foreign countries.

For organic substances either the meaning of the term or a description of the substance has been translated or where this was impracticable the term itself has been transliterated. In some cases the terms thus formed are rather cumbersome and will no doubt eventually be much shortened. The same general plan has been carried out in rendering terms belonging more strictly to Mineralogy and Materia Medica, of which separate and more complete lists are also published.

It is unfortunate that the work of translatien had to be commenced during the period of the transition from the old to the new notation when only text books in the old notation were obtainable. When the new system had become fully established in Western countries several books had been published in Chinese according to the old notation. It was feared that a change of system in succeeding works would only lead to confusion, and hence the old notation has been retained throughout the whole series of works relating to Chemical subjects. A little trouble however is all that is needed to enable the student to change from the old to the new and *vice-versa*.

KIANGNAN ARSENAL.
Jan[illegible] [illegible]

VOCABULARY OF NAMES OF SUBSTANCES OCCURRING IN VARIOUS WORKS ON CHEMISTRY; CHIEFLY IN "BLOXAM'S CHEMISTRY," FIRST EDITION.

Acetal,	阿西他辣
Acetamide,	阿西他阿美弟
Acetates,	醋酸鹽類
Acetic acid,	醋酸
,, acid, glacial,	冰形醋酸
,, anhydride,	無水醋酸
,, ether,	醋酸以脫
,, oxychloride,	醋酸綠養二
,, peroxide,	醋酸養二
Acetine,	阿西低尼
Acetone,	阿西多尼
,, diethylated,	二以脫里阿西多尼
,, dimethylated,	二迷以脫里阿西多尼
,, ethylated,	以脫里阿西多尼
,, methylate,	迷以脫里阿西多尼
Acetones,	阿西多尼類
Acetonic acid,	阿西多尼克酸
Acetonitrile,	阿西多內脫來里
Acetyle,	阿西台里
,, binoxide,	阿西台里養二
,, chloride,	阿西台里綠
,, urea,	阿西台里由里阿
Acetylene,	阿西台里尼
,, silver precipitate	銀阿西台里尼
Acetylide of copper,	銅阿西台里弟
,, of potassium,	鉀阿西台里弟
,, of sodium,	鈉阿西台里弟
Acid,	酸質又配質
,, of sugar,	糖酸類
,, radicals,	酸底子或配底子
Acids, acetic series,	醋酸級
,, acrylic series,	阿各里里克酸級
,, anhydrous,	無水配質或酸質
,, aromatic,	香酸類
,, bibasic,	二本之酸類
,, dibasic,	二本之酸類
,, hydrated,	含輕養之酸質
,, lactic series,	拉格的克酸級
,, non-volatile,	不自散酸質
,, organic,	生物酸類
Acids, polybasic,	多本之酸質
,, tribasic,	三本之酸質
,, vegetable,	植物酸類
,, volatile,	能自散酸質
Acidulous waters,	酸性水
Aconitic acid,	阿古尼低克酸
Aconitine,	阿古尼低尼
Acrinyl,	阿格里乃里
Acroleine,	阿各里哇里以尼
Acrylic acid,	阿各里里克酸
Actinic rays,	光內化物線
Actinolite,	阿希替叙來得即光線石
Adipic acid,	阿弟比克酸
Adipocere,	阿弟布昔里
Adularia,	阿度拉里阿石
Aeschylic alcohol,	依喜里克醇
Aerated bread,	壓空氣發鬆之饅頭
After damp,	煤炭燒後變成炭養二氣
Agalmatolite.	阿軋辣馬土來得即像石
Agate,	黑白瑪瑙
Aich-metal,	愛止銅又名苟之銅
Air,	空氣
Air benzolized,	含徧蘇里之空氣
Alabaster,	阿拉巴司得
Alabaster, oriental,	東方所產阿拉巴司得
Albanum,	阿立白奴末
Albite,	阿勒倍得
Albumen,	阿立白門即蛋白質
Alcarsin,	阿里卡耳新
Alcohol,	醇
,, absolute,	無水醇
,, allylic,	阿來里克醇
,, amylic,	阿美里克醇
,, anisic,	阿尼西克醇
,, benzoic,	徧蘇以克醇
,, caprylic,	加布里里克醇
,, cerylic	西立里克醇

Alcohol, cuminic,	固迷尼克爾
,, methylated,	迷以脫里爾
,, methylic,	迷以脫里克爾
,, radicals,	爾原子
Alcohols,	爾類
,, diatomic,	二質點爾類
,, monatomic,	一質點爾類
,, polyatomic	多質點爾類
,, triatomic,	三質點爾類
Alcohols, vinic series	酒醑級
Aldehyde,	阿勒弟海特
,, acetic or vinic,	醋酸阿勒弟海特
,, ammonia,	淡輕養阿勒弟海特
,, anisic,	阿尼西克阿勒弟海特
,, benzoic,	徧蘇以克阿勒弟海特
,, butyric,	布低耳以克阿勒弟海特
,, caprylic,	加布里里克阿勒弟海特
Aldehyde cinnamic,	西捺迷克阿勒弟海特
,, cuminic,	固迷尼克阿勒弟海特
,, eudoic,	由度以克阿勒弟海特
,, lauric,	羅耳以克阿勒弟海特
,, methylic,	迷以脫里克阿勒弟海特
,, oenanthic,	以難弟克阿勒弟海特
,, propionic,	布路比阿尼克阿勒弟海特
,, pyromucic	貝路母西克阿勒弟海特
,, resin,	阿勒弟海特膏
,, rutic,	而烏弟克阿勒弟海特
,, salicylic,	薩里西里克阿勒弟海特
,, valeric,	發里里克阿勒弟海特
Aldehydes,	阿勒弟海特類
Alder wood,	可拉達木 檀木 即赤楊木
Ale,	淡啤酒
Algaroth,	阿里加羅特 即銻絲三和銻養三粉
Alizarine,	阿里撒里尼
Alkali,	鹼類質
,, metals,	鹼屬金
Alkaline earth metals,	鹼土屬金
earths,	鹼土屬
,, oids,	似鹼類
organic,	生物似鹼類
Alloxantine,	阿陸格善的尼
Allyle,	阿來里
,, iodide,	阿來里碘
,, sulphide,	阿來里硫
,, sulpho-cyanide,	阿來里硫菁
,, terbromide,	阿來里溴三
Allylene,	阿來里尼
Allylic alcohol,	阿來里克爾
,, aldehyde,	阿來里克阿勒弟海特
Almond oil,	杏仁油
Aloeine,	壓囉以尼
Aloes,	壓囉 即蘆會
Alum,	鋁二養三三硫養三 即白礬
,, basic,	爲本礬類
,, concentrated,	濃礬類
,, shale,	成礬尼板石
Alumina,	鋁二養三
,, acetate,	鋁二養三醋酸
,, hydrate,	鋁二養三輕養
,, phosphate,	鋁二養三燐養五
,, silicate,	鋁二養三矽養二
,, sulphate,	鋁二養三硫養三
Aluminite,	阿呂迷奈得 即鋁礦
Aluminum,	鋁
,, bronze,	鋁銅
,, chloride,	鋁二綠三
,, ethide,	鋁以脫愛特
,, fluoride,	鋁二弗三
,, methide,	鋁迷以脫愛特
,, silicide,	鋁二矽三
Alums,	礬類
Amalgam of ammonium,	淡輕汞膏
,, of sodium,	鈉汞膏
Amalgams,	金類含汞之膏
Amalgamated zinc plates,	飽足汞之鋅板
Amalic acid,	阿瑪力克酸
Amarine,	阿瑪里尼
Amber,	琥珀
Ambergris,	龍涎香
Amethyst,	阿迷替司得 即紫晶
Amianthus,	阿迷安士斯石
Amides,	阿美弟類
Amidide of potassium,	阿美弟鉀
Amidine,	阿美弟尼
Amido-diphenylimide,	阿美朵二非內里美弟
Amidogen,	阿美朵眞

Amylacetic acid,	阿埋里醋酸
Amylamine,	阿埋里阿美尼
Amyle,	阿埋里
,, acetate,	阿埋里醋酸
,, iodate,	阿埋里碘養三
,, nitrite,	阿埋里淡養三
,, valerianate,	阿埋里發里里阿尼克
Amylene,	阿埋里尼
,, glycol,	阿埋里尼各里各哇里
Amylethylic ether,	阿埋里以脫里克以脫
Amylic alcohol,	阿埋里克酒
,, iodide,	阿埋里克碘
Amyloid,	似阿埋里質
Amyrine,	阿埋耳以尼
Analcime,	安阿勒西迷石
Anatase,	安阿大西石
Ancaster stone,	安卡司得石
Anchoic acid,	安可以克酸
Andalusite,	安達盧瑣得
Angelic acid,	安者里克酸
Anglesite,	安古賽得 即鉛養硫養三礦
Anhydrides,	無水質類
Anhydride acetic,	無水醋酸
,, benzoacetic,	無水徧蘇阿西的克
,, benzoic,	無水徧蘇以克
,, carbonic,	無水炭養二
,, lactic,	無水拉格的克
,, nitric,	無水淡養五
,, phosphoric,	無水燐養五
,, sulphuric,	無水硫養三
,, sulphurous,	無水硫養二
,, tartaric,	無水果酸
Anhydrite,	無水石 即安海特來得
Anhydrous acids,	無水酸類
Aniline,	阿尼里尼
,, black,	阿尼里尼黑
,, blue,	阿尼里尼藍
,, green,	阿尼里尼綠
,, purple,	阿尼里尼紫
,, red,	阿尼里尼紅
,, violet,	阿尼里尼茄花色
,, yellow,	阿尼里尼黃
Animal charcoal,	動物炭
,, heat,	動物熱
Animi resin,	阿你迷松香
Aniseed,	阿呢西子 即八角
Anisic acid,	阿呢西克酸
,, alcohol,	阿呢西克酒

Annea,	阿美尼類
Ammonia,	阿摩尼阿 即淡輕三
,, alum,	淡輕四養礬
,, arsenite,	淡輕四養鉀養三
,, bicarbonate,	淡輕四養二炭養二
,, bihydrosulphate,	淡輕四養二輕硫
,, bisulphate	淡輕四養二硫養二
,, carbonate,	淡輕四養炭養二
,, common,	二淡輕四養三炭養二
,, ethylsulphite,	淡輕四養以脫里硫養二
,, hydriodate,	淡輕四養碘養五
,, gas,	淡輕三氣
,, hydrobromate,	淡輕四溴
,, hydrochlorate,	淡輕四綠
,, hydrosulphate,	淡輕四硫輕硫
,, hydrosulphite,	淡輕四養硫二養二
,, isethionate,	淡輕四養以蘇以肟以哇尼克
,, molybdate,	淡輕四養鉬養三
,, muriate,	淡輕四綠
,, nitrate,	淡輕四養淡養五
,, oxalate,	淡輕四養草酸
,, salts,	淡輕四養鹽類
,, sesquicarbonate,	二淡輕四養三炭養
,, sulphate,	淡輕四養硫養三
,, solution,	淡輕三水
,, urate,	淡輕四養由里克酸
,, volcanic,	火山噴出淡輕三氣
Ammoniacal liquor,	淡輕三水
Ammoniacum,	阿摩尼阿古末膠
Ammonias, complex,	繁淡輕三類
,, ethylated,	以脫里淡輕三類
Ammoniated chloride of silver,	淡輕四養銀綠
Ammonide sulphuric,	二淡輕三硫養三
Ammonium,	淡輕四
,, amalgam,	淡輕四汞膏
,, bisulphide,	淡輕四硫二
,, bromide,	淡輕四溴
,, chloride,	淡輕四綠
,, heptasulphide,	淡輕四硫七
,, iodide,	淡輕四碘
,, oxide,	淡輕四養
Ammonium pentasulphide,	淡輕四硫五
Ammonium sulphide,	淡輕四硫
,, sulphocyanide,	淡輕四硫二
Amorphous bodies,	不成顆粒之質
,, phosphorus,	不成顆粒之燐
Amygdaline,	阿迷葛大里尼

Apomorphia,	阿布莫非阿
Apocodeia,	阿布苟弟以阿
Aqua fortis,	淡養三
Aqua regia,	合强水
Arabine,	阿喇比尼
Aralic acid,	阿拉幾克酸
Arachidic acid,	布低克酸
Arbor Diana,	銀汞成花形顆粒
Arbril,	阿耳扣勒
Argent acetochloride	銀阿西台里綠
acetyle oxide,	銀阿西台里養
,, allylene,	銀阿來里尼
Argillaceous iron ores,	泥鐵礦
Argol,	阿耳古勒
Arrack,	阿剌格酒
Arragonite,	阿拉果奈得
Arrow root,	洋蕊粉
Arseniates,	鉀養五鹽類
Arsenic,	鉀
,, bisulphide,	鉀硫二
,, native,	生成鉀 即自然鉀
,, oxide,	鉀養三
,, pentasulphide,	鉀硫五
,, subsulphide,	鉀硫二
,, sulphide,	鉀硫二
,, terbromide,	鉀溴三
,, terchloride,	鉀綠三
,, terfluoride,	鉀弗三
,, teriodide,	鉀碘三
,, tersulphide,	鉀硫三
,, trethoxide,	鉀三以脫里養
,, acid,	鉀養五
Arsenical nickel,	鎳鉀
,, pyrites,	鐵硫二鐵鉀二 即含鉀之鐵硫二礦
,, soap,	鉀養三肥皂
Arsenides,	以鉀爲本之質
Arsenietted hydrogen,	鉀輕三
Arsenio-diethyle,	二以脫里鉀
Arsenio-dimethyle,	二迷以脫里鉀
Arsenio-sulphides,	鉀含硫之各質
Arsenio-triethyle,	三以脫里鉀
Arsenio-trimethyle,	三迷以脫里鉀
Arsenious acid,	鉀養三
,, acid, tribasic,	三本鉀養三
,, acid, crystalline,	顆粒形鉀養三
,, acid, vitreous,	玻璃形鉀養三
Arseniuretted hydrogen	鉀輕三
Asafoetida,	阿魏
Asbestos,	不灰木

Anisyle hydride,	陶呢西里輕
Annatto,	安那吐
Annabergite,	安那白蓋得
Anthophyllite,	安吐非來得 即花葉石
Anthracite,	白煤 又名硬煤俗名
Anthraconite,	安特辣古內得
	臭石
Antichlore,	滅綠氣之質
Antimonic acid,	銻養五
Antimonietted, hydrogen,	銻輕三
Antimonite,	安弟麻內得
Antimony,	銻
,, amorphous,	無顆粒形銻
,, antimonate of,	銻養三銻養五
teroxide,	
Antimony, butter of,	銻綠三
,, chlorosulphide,	銻綠三硫
,, crocus,	三鈉硫銻硫三
,, crude,	銻硫三
,, glass,	銻玻璃
,, grey ore of,	銻硫三礦 即灰色銻礦
,, ore, red,	銻養三二銻硫三 即紅銻礦
,, ore, white,	銻養三 即白銻礦
,, oxide,	銻養三
,, oxychloride,	銻綠三二銻養三
,, oxysulphide,	銻養三二銻硫三
,, pentachloride,	銻綠五
,, pentasulphide,	銻硫五
,, potassio tartrate	鉀巴銻養三果酸 即打打伊密的
,, regulus,	練銻
,, sulphide,	銻硫三
,, terchloride,	銻綠三
,, teroxide,	銻養三
,, tersulphide,	銻硫三
,, triatomic,	銻爲三質點之質
,, vermillion,	銻硫三紅
Antiseptics,	免腐之料
Antozone,	滅電臭之質
Ants acid of,	蟻酸
Ants oil of,	蟻油
Apatite,	阿巴台得 即獄人石
Apocrenic acid,	阿布格里尼克酸
Apophyllite,	阿布非來得 即易分頁石
Apple oil,	蘋果油

Bathgate coal,	巴得盖得煤
Bathstone,	巴得石
Baume's flux,	波密氏配料
Bauxite,	波格莫得
Baysalt,	大粒食鹽
Bear,	銅蓉熊
Beef tea,	牛肉湯
Beer,	黃酒
Bees' wax,	蜜蠟
Bell metal,	鐘銅
Bengal saltpetre,	孟加拉硝
Benic acid,	倘尼克酸
Benzamide,	徧蘇阿美弟
Benzine,	徧西尼
Benzoacetic anhydride	無水徧蘇阿西的克
Benzoic acid,	徧蘇以克
" alcohol,	徧蘇以克醇
" anhydride,	無水徧蘇以克
" peroxide,	徧蘇以克養二
Benzoin gum,	徧蘇以捺
Benzoine,	徧蘇以尼
Benzole,	徧蘇里
" chloride,	徧蘇里綠
Benzoline,	徧蘇里尼
Benzolized air,	含徧蘇里空氣
Benzone,	徧蘇尼
Benzonitrile,	徧蘇內脫來里
Benzophenone,	徧蘇非奴尼
Benzoyle,	徧蘇愛里
" binoxide,	徧蘇愛里養二
" glycocoll,	徧蘇愛里各里各可勒
" hydride,	徧蘇愛里輕
" salicylamide	徧蘇愛里薩里西里阿美弟
" salicyle,	徧蘇愛里薩里西里
" series,	徧蘇愛里級
" urea,	徧蘇愛里由里阿
Benzuls,	徧蘇烏里
Benzureide,	徧蘇由里以治
Benzylamide,	徧蘇以里阿美弟
Benzylamine,	徧蘇以里阿美尼
Benzyle chloride,	徧蘇以里綠
Bergamotte oil,	布而格莫特油
Beryl,	伯而以勒石
Bessemer's iron,	別色麻氏鐵
Bezoars,	獸黃類
Bibasic acids,	二本之配質
Biborate of soda,	鈉養二硼養二
Bibromosuccinic acid,	二溴色格西尼克酸
Bicarbonate of lime.	鈣養二炭養二

Ashes of coal	煤灰
Asparagine,	阿司帕拉故尼
Asparagus,	阿司帕拉故司
Aspartic acid,	阿司帕拉低克酸
Anicamite,	阿大卡迷得
Atmosphere,	空氣
Atom,	質點
Atropine,	阿特路比尼
Asphaltum,	阿司弗拉殷姆 即硬石油
Asphalte,	阿司佛拉得
Angle,	哇盖得
Auric acid,	金養三
Aurum,	金
Autunite,	哇土奈得
Axinite,	阿格西奈得 即斧形石
Azolitmine,	阿蘇立特迷尼
Azote,	阿蘇的 即淡氣
Azurite.	阿蘇來得
Balenic acid,	巴里尼克酸
Balsam of Peru,	秘魯國波勒殺末
of Tolu,	桑路波勒殺末
Balsams,	波勒殺末類
Banca tin,	彭加錫
Barilla,	海草灰 即生鈉養炭養二
Bar iron,	熟鐵條
Barium,	鋇
" binoxide,	鋇養二
" chloride,	鋇綠
" diatomic,	二鋇質 點之鋇質
" sulphide,	鋇硫結養
Barley sugar,	熟鋇養
Baryta,	鋇養
" carbonate,	鋇養炭養二
" chlorate,	鋇養綠養三
" hydrate,	鋇養養輕養
" hypophosphite,	鋇養養二燐養養二
" nitrate,	鋇養硝養三
" sulphate,	鋇養硫養三
" sulphovinate,	鋇養費尼克 即鋇嚏
Barytine,	貝里養
Baryto-calcite,	鋇養炭養二鈣養炭養二
Basalt	巴所得
Base,	鹽類質之本
Basic oxides,	含養本質
Basscrine,	巴蘇蜜尼
Basylous,	正電性金類

,, globules,	血球
,, venous,	過血
,, arterial,	發血
,, from iron;	初成熟鐵團
,, blaze,	鐵淬發火
,, copperas,	銅養硫養三
,, malachite,	藍色瑪拉開得 即銅養炭養二礦
,, metal,	藍色銅
,, oxide of molybdenum;	藍色鉬養三
,, oxide of tungsten	藍色鎢養三
,, pill,	藍丸 即水銀丸
,, Prussian,	普魯士藍
,, stone,	銅養硫養三 即膽礬
,, Thenard's,	替那特氏藍料
,, Turnbull's,	特爾恭布勒氏藍料
,, verditer,	銅養輕養
,, vitriol,	銅養硫養三
Bog-iron ore,	卑濕地鐵養礦 即無名鐵
Boghead cannel coal,	北格海特丁尼里煤
Bolsover Moor stone,	扒斯發母而石
Bone ash,	骨灰
Boracic acid,	硼養三
,, acid, vitreous,	玻璃形硼養三
,, anhydride,	無水硼養三
,, ether,	硼養三以脫
Boracite,	布拉崇得 即鎂養硼養三礦
Borates,	含硼養三之質
Borax,	硼砂 即鈉養二硼養三
,, vitrified,	玻璃形硼砂
Boric ethide,	硼養三以脫弟
,, methide,	硼養三迷以脫弟
Borneene,	北爾尼以尼
Borneo Camphor,	龍腦 即北爾尼樟腦
Bornite,	北爾奈得
Borothnoric acid,	硼養三三輕弗
Borofluorides,	硼養三三輕弗鹽類
Boron,	硼
,, amorphous,	無顆粒形硼
,, chloride,	硼綠三
,, crystallized,	顆粒形硼
,, diamond,	金剛石形硼
,, fluoride,	硼弗三
,, graphitoid,	鉛筆形硼
,, iodide,	硼淡

Bicarbonate of soda	鈉養二炭養
Bicarbonates,	二炭養三鹽類
Bichloracetic acid,	二綠醋酸
Bi-equivalent elements,	雙分原質
Bile,	膽汁
Bimetantimoniate of potash,	鉀養輕養銻養五
Bimetantimoniate of soda,	鈉養輕養銻養五
Binoxide of hydrogen,	輕養三
,, of nitrogen,	淡養二
Birch, oil of,	布而止油
Biscuit porcelain,	無釉瓷器
Bismuth,	鉍
,, glance,	光點鉍礦 即鉍硫
,, nitrate,	鉍養淡養五
,, ochre,	鉍養三礦 即鉍養黃土
,, oxide,	鉍養
,, oxychloride,	鉍綠三二鉍養三
,, sulphide,	鉍硫
,, telluride,	鉍碲礦 即含碲之鉍
,, terchloride,	鉍綠三
,, triatomic,	三質點鉍
,, trisnitrate,	鉍養三淡養五
Bismuthic acid,	鉍養五
Bistearine,	二司替阿里尼
Bisulphate of potash,	鉀養二硫養三
Bisulphide of carbon	炭硫二
Bisulphites,	二硫養三鹽類
Bisulphuret of carbon,	炭硫二
Bitter almond oil,	苦杏仁油
,, spar,	苦司巴耳 即苦土石
Bittern,	煮鹽餘水
Bitumen,	必刁門 即地柏油又名硬石油
Bituminous shale,	烟煤含勒石 即含地柏油泥板石
Bituminous coal,	烟煤
Bisine,	比各西尼
Black ash,	黑生鈉養炭養二
,, band,	黑帶粗煤
,, dyes,	黑色染料
,, lead,	笨鉛
Blenerde,	布來爾得 即鉛養硫
Blende,	布倫得 即鋅硫硫
Blistered steel,	炮面鋼
Block tin,	上等馬口鐵
Blood coagulated,	凝結之血 又結血
Blood defibrinated,	去非布里尼血

Butter-milk, 去油牛乳
Butylactic acid, 布低里拉格的克酸
Butylamine, 布低里阿美尼
Butyle, 布低里
„ amyle, 布低里阿理里
„ caproyle, 布低里加布路以里
Butylene, 布低里尼
„ glycol, 布低里各里各哇里
Butylic, alcohol, 布低里克醇
Butyramide, 布低耳阿美弟
Butyric acid, 布低耳以克酸
„ ether, 布低耳以克以脫
Butyrine, 布低耳以尼
Butyrone, 布低耳阿尼
Butyryle, 布低耳愛里
„ urea, 布低耳愛里由里阿
Cacao butter, 卡高油
Cadet's fuming liquor. 卡弟特氏發霧水料
Cadmia, 鎘硫
Cadmium, 鎘
„ carbonate, 鎘養炭養二
„ diatomic, 二質點鎘
„ iodide, 鎘碘
„ oxide, 鎘養
„ sulphide, 鎘硫
Caen stone, 嵌石
Caesia, 銫養
„ carbonate, 銫養炭養二
Caesium, 銫
„ platino-chloride, 銫綠鉑綠二
Caffeic acid, 加非以克酸
Caffeine, 加非以尼
Caffeone, 加非哇尼
Caffeo-tannic acid, 加非哇歎尼克酸
Cairngorm stone, 嵌納各末石
Caking coal, 鉻結煤
Calamine, 卡拉迷尼 即鋅養炭養二礦
„ electric, 電性卡拉迷尼礦
Calcareous waters, 含鈣之水
Calcite, 丐勒賽得
Calcium, 鈣
Calcium, bisulphide, 鈣硫二
„ chloride, 鈣綠
„ fluoride, 鈣弗
„ oxychloride, 鈣綠二鈣養
„ pentasulphide, 鈣硫五
„ phosphide, 鈣燐
„ silicide, 鈣矽
„ sulphide, 鈣硫

Boron terchloride, 硼綠三
„ terfluoride, 硼弗三
Bornatrocalcite, 硼鈉鈣礦
Bosjemanite, 僕司只曼內得
Botany Bay gum, 巴搭尼灣樹膠
Bournonite, 布而奴奈得
Boyle's fuming liquor. 蒲愛勒氏發霧液質
Brandy, 葡萄地酒
Brass, 黃銅
Brassic acid, 布拉西克酸
Braunite, 布羅奈得
Brazil wood, 巴西木 即紅染料
Bread, 麵頭
Breïdine, 布累以弟尼
Bright iron, 白生鐵
Brimstone, 硫
Brewsterite, 布陸司大來得
Britannia metal, 錫鉛合質
British gum, 英國膠
Brochantite, 布陸嵌台得
Bromates, 溴養鹽類
Bromargyrite, 溴埃兒奇來得銀礦
Bromhydrins, 溴海特里尼類
Bromic acid, 溴養三
Bromine, 溴
„ chloride, 溴綠
„ hydrate, 溴濕輕養
Bromite, 布陸埋得 即溴銀礦
Bromoform, 布羅母福密
Bromosuccinic acid, 溴瑟格西尼克
Bronze, 銅錫鋅和質
Brookite, 布陸壹得
Brown acid, sulphuric, 棕色硫酸水
„ blaze, 棕色火
„ haematite, 棕色鐵礦 即三輕養鐵養三
Brucia, 布魯西阿
Brucine, 布魯西尼
Brucite, 布路茂得
Brunelle acid, 波羅奴里克酸
Brunswick green, 布倫司會綠色料
Bryoidin, 布來愛弟尼
Buckskin, 鹿皮
Burnette's disinfecting fluid, 伯昵得氏滅臭料
Burnt iron, 燒壞之鐵
Butic acid, 布低克酸
Butine, 布低尼
Byssolite, 皮薩來得
Butter, 牛乳油

Carbonates,	炭養鹽類
,, alkalice,	炭養鹼性鹽類
,, normal,	炭養合法鹽類
Carbonic acid,	炭養
,, anhydride,	無水炭養
,, ether,	炭養以脫
,, oxide,	炭養
Carbotriamine,	加耳波三阿美尼
Carbovinate of potash,	鉀養加耳波費尼克
Carburetted hydrogen,	炭輕
Carbuncle,	卡朋司勒石
Carmine,	卡耳迷尼
red, or lake,	卡耳迷尼紅料
Carminic acid,	卡耳迷尼克酸
Carnallite,	卡耳那來得
Carnelian,	卡耳尼里恩 即紅瑪瑙
Carraway oil,	茴香油 即搭罷衣油
Carron oil,	卡倫油
Carthamine,	卡而大迷尼
Cartilage,	脆骨
Caseine,	加西以尼
,, vegetable,	植物加西以尼
Cassiterite,	卡西特來得
Cast iron,	生鐵
,, ,, grey,	灰色生鐵
,, ,, malleable,	韌性生鐵
,, ,, mottled,	花點生鐵
,, ,, containing phosphorus,	含燐生鐵
,, ,, containing silicon,	含矽生鐵
,, ,, containing sulphur,	含硫生鐵
Castor,	搭司土爾 即海狸
,, oil,	蓖麻油
,, oil, cold drawn,	冷壓蓖麻油
Castorine,	搭司土爾以尼
Cast steel,	生鋼 即鑄鋼
Catechu,	加的主 即兒茶
Catechuic acid,	加的主以克酸
Cat's eye,	貓兒眼石
Caustic alkali,	焦炎鹼類 即無炭養者
,, lunar,	銀養淡養
,, potash,	鉀養
,, soda,	納養
Cawk,	夸克 鋇養磷之類
Cedar wood,	片柏木
Cedrene,	西特里尼

Calc spar,	丐克司巴耳
Calomel,	汞綠
Cameos,	刻陽紋花寶石
Camomile,	搭慕迷拉即野菊花
Camphilene,	加慕非里尼
Camphic acid,	加慕非以克酸
Camphine,	加慕非尼
Camphol,	加慕非哇里
Camphoalic acid,	加慕非哇里克酸
Camphor,	樟腦
Camphoric acid,	樟腦酸 即加慕夫里克酸
Camphormide,	加慕夫衣美弟
Candles, composite,	洋燭
Cane sugar,	蔗糖
Cannel coal,	干尼里煤 即燭煤
Caoutchine,	古得止以尼
Caoutchouc,	古得止格
Caoutchouc solvents,	化古得止格之料
Cap composition,	銅帽藥料
Capillary pyrites,	毛形鐵硫磺
Capric acid,	加布里克酸
Caprine,	加布里尼
Caproic acid,	加布路以克酸
,, alcohol,	加布路以克醇
Caproine,	加布路以尼
Caproyle,	加布路以里
Caproylene,	加布路以里尼
Caprylene,	加布里里尼
Caprylic acid,	加布里里克酸
Caprylic alcohol,	加布里里克醇
Capsicine,	搭普西機尼
Caramel,	卡拉末勒
Carbazotic acid,	加耳波阿蘇的克酸
Carbolic acid,	加耳波力克酸
Carbon,	炭 西名加耳波
,, bichloride,	炭綠
,, bisulphide,	炭硫
,, chloride,	炭綠
,, iodide,	炭碘
,, oxide,	炭養
,, oxychloride,	炭養綠
,, protochloride,	炭綠
,, sesquichloride,	炭綠
,, ,, liquid,	炭綠流質
,, subchloride,	炭綠
Carbonate of baryta and lime,	鋇養炭養鈣養炭養
Carbonate of lime and soda,	鈣養炭養鈉養炭養

Chèque paper, 銀票紙
Chessylite, 只西來得 即銅養炭養二之藍礦
Chalybite, 卡里倍得 即鐵礦之一類
Chalcophyllite, 卡勒古非來得
Chili saltpetre, 智利硝 即鈉養淡養五
Chinese wax, 蟲白蠟
Chlorautite, 格羅安台得 即鎵鉀礦
Chlorambalise, 格羅那普塔里司
Chloracetic acid, 格羅阿西低克酸
Chloracetine, 格羅阿西低尼
Chloral, 格羅拉蒯
Chloranile, 格羅拉阿尼里
Chloraniline, 格羅拉阿尼里尼
Chlorate of baryta, 鋇養綠養五
,, of potash, 鉀養綠養五
Chlorates, 綠養五鹽類
Chlorhydrine, 格羅海特里尼
,, of glycol, 各里各哇里格羅海特里尼
Chloric acid, 綠養五
Chloric acid, hydrated, 綠養五輕養
,, ether, 綠養五以脫
,, peroxide, 綠養四
Chlorides, 以綠爲本之質
Chloride of aluminum, 鋁二綠三
,, of aluminum and sodium, 鋁二綠三鈉綠
,, of ammonium, 淡輕四綠
,, of calcium, 鈣綠
,, of lime, 鈣綠 即漂白粉
,, of nitrogen, 綠淡
,, of potassium, 鉀綠
,, of soda, 鈉養綠
,, of sodium, 鈉綠
,, of sulphuryle, 硫養二綠
,, of thionyle, 替哇內里綠 即硫黃綠
Chlorine, 綠氣 即格羅里尼
hydrate, 綠輕養
oxide, 綠養
Chlorine peroxide, 綠養四
Chlorite, 格羅來得
Chlorites, 綠養三鹽類
Chlorobenzole, 偏蘇里綠
Chlorocarbonic acid, 炭二養二綠二
Chlorochromic acid, 鉻養二綠

Cedriret, 西特里爾的
Celadonite, 西拉度乃得
Celery, 色勒里草即芹菜顏
Celestine, 細勒司角尼 即鍶養硫養三礦
Celluline, 寫留里尼
Cellulose, 寫留路司
Cement, 空氣中變硬灰
,, Portland, 水內變硬之巴得蘭特灰
,, Keating and Keene's, 水內變硬之幾丁氏與幾納氏灰
,, Scott's, 水內變硬之司綏得氏灰
,, Roman, 水內變硬之羅馬灰
Cerasine, 西拉西尼
Cerine, 西路以尼
Cerite, 昔來得
Cerium, 錯
,, oxalate, 錯養草酸
,, oxides, 錯合養氣質
Ceroleine, 西路哇里以尼
Cerosine, 西路西尼
Cerotene, 西路弟尼
Cerotic acid, 西路弟克酸
Cerotine, 西路弟尼
Ceruse, 西魯司 即鉛養炭養二礦
Cerylic acid, 西路里克酸
Cetine, 西低尼
Cetyle, 西低里
Cetylene, 西低里尼
Cetylic alcohol, 西低里克醇
Cetylic ether, 西低里克以脫
Chabasite, 遮羅賽得
Chalcedony, 卡勒西度尼石 即石英之屬
Chalcopyrites, 卡勒哥貝里的司石
Chalk, 白石粉 即結格石
,, precipitated, 水內結成之白石粉
Chalybeate waters, 含鐵之泉水
Chameleon mineral, 卡迷里恩礦
Champagne, 沙末貝捺酒 即湘冰酒
Charbon roux, 紅色炭
Charcoal, 木炭
,, alder, 阿拉達木炭
,, animal, 動物炭
Cheese, 乳餅
Cheltenham waters, 車呑哈末泉水

Chrysophanic acid, 可里蘇發尼克酸
Chrysorhamnine, 可里蘇拉麻尼尼
Chrysotite, 可里蘇替里
Chyle, 關勒 即胃內全消化之汁
Chyme, 關末 即胃內半消化之汁
Cigars, 呂宋菸
Cinchona bark, 金雞那皮
Cinchonine, 金雞那以尼
" hydrochlorate, 金雞那以尼輕綠
Cinder, 渣
" iron, 鐵煙
Cinnabar, 汞硫礦 即硃砂
Cinnameine, 西捺迷以尼
Cinnamic acid, 西捺迷克酸 即桂皮酸
Cinnamol, 西捺迷哇里
Cinnamon, 桂皮 即西捺迷
Cinnamyle, 西捺迷里
Cinnamyle hydride, 西捺迷里輕
Cirene, 西特里尼
Citric acid, 檸檬酸 即西特里克酸
Claret 格拉里特酒 即紅酒
Clay, 泥 即朝泥
" ironstone, 泥鐵石
" " kidney, 腰子形泥鐵石
" form,
Cleavelandite, 格里甫蘭台得
Clot of blood, 結血
Cloves, 丁香
Coal, 煤
" Bathgate, 巴得葢得煤
" bituminous, 烟煤
" Boghead, 北格海特煤
" brown, 櫻色煤
" caking, 鎔結煤
" cannel, 燭煤 即干尼里煤
" stone, 石煤
" Welsh, 威勒士煤
Coal-gas, 煤氣
Coal-naptha, 煤那普塔
Coal-tar, 煤黑油
Coarse copper, 粗銅
" metal (copper) 粗雜銅
Cobalt, 鈷
" arseniate, 鈷養鉀養三
" bloom, 鈷紅 即鈷布路末
" chloride, 鈷綠

Chloroform, 格羅路福耳密 即炭水輕綠三又名迷蒙水
Chloronitric gas, 淡養二綠三
Chloronitrous gas, 淡養二綠
Chloropal, 綠色哇巴勒石
Chlorophosphamide, 格羅路燐阿美爾 即炭二輕燐綠三
Chlorophyll, 格羅路非勒 即葉綠
Chloropicrine, 格羅路畢格里尼
Chlorospiroylic acid, 格羅路司配里哇里克酸
Chlorosulphuric acid, 硫養二綠
Chlorous acid, 綠養三
Chocolate, 純敌拉特
Choke damp, 煤硐罅後炭養二氣
Choleic acid, 可里以克酸
Cholestrine, 可里司替里尼
Cholic acid, 可里克酸
Choloidic acid, 可里愛弟克酸
Choudrine, 可捺得里尼
Chondrodrite, 可捺得路待得
Chromates, 鉻養三鹽類
Chromate of lead, 鉛養鉻養三
" of potash, 鉀養鉻養三
Chrome alum, 鉻礬
" iron, 鉻鐵礦 即含鉻之鐵
" yellow, 鉛養鉻養三
Chromic acid, 鉻養三
Chromite, 各路美得 即鉻礦
Chromium, 鉻
" chloride, 鉻綠
" diatomic, 二質點鉻
" oxide, 鉻養
" oxychloride, 鉻養二綠
" protoxide, 鉻養
" sesquichloride, 鉻二綠三
" sesquioxide, 鉻二養三
" sesquisulphide, 鉻二硫三
" sulphate, 鉻養硫養三
" terfluoride, 鉻弗三
Chrysaniline, 可里蘇阿尼里尼
Chrysarabin, 可里蘇阿喇比尼
Chrysocolla, 可里蘇殼拉礦 即銅料石
Chrysene, 可里蘇以尼
Chrysoberyl 可里蘇伯而以勒石 即金色伯而以勒石
Chrysoprase, 可里蘇伯拉司石 即翡翠玉

Copper, 銅
,, acetylide, 銅阿西台里弟
,, amalgam, 銅汞苔
,, monosulphate 銅養硫養三淡輕四養
,, Anglesea, 安古西銅
,, arsenite, 銅養鉀養三
,, basic acetate, 多本銅養醋酸
,, ,, carbonate, 多本銅養炭養二
,, ,, phosphate, 多本銅養燐養二
,, blistered, 泡面銅
,, chloride, 銅綠
,, diatomic, 二質點銅
,, electrotype, 電氣鍍銅
,, emerald, 銅養矽養二礦
,, glance, 銅二硫礦 即光色銅礦
,, hydrated oxide, 銅養輕養
,, hydride, 銅輕
,, Lake Superior, 生成銅 即美國太湖銅
,, Mona, 麻那銅
,, moss, 苔形銅
,, native, 生成銅
,, nitride, 銅淡
,, ore grey, 灰色銅礦
,, ,, red, 紅色銅礦
,, ,, variegated, 雜色銅礦
,, overpoled, 掉過限之銅
,, oxide, 銅養
,, oxychloride, 銅養綠
,, peacock, 孔雀色銅
,, pentasulphide, 銅硫五
,, phosphide, 銅燐
,, pyrites, 銅硫二鐵硫二礦
,, quadrant oxide, 銅四養
,, sand, 銅砂
,, silicate, 銅養矽養二
,, smoke, 銅炭
,, subchloride, 銅二綠
,, suboxide, 銅二養
,, subsulphide, 銅二硫
,, sulphate, 銅養硫養三
,, sulphide, 銅硫
,, tough cake, 韌銅餅
,, tough pitch, 韌銅
,, underpoled, 掉不及限銅
,, verdigris, 銅養醋酸
Copperas, 鐵養硫養二 即青礬
,, blue, 銅養硫養二
Coprolite, 卡布路來得

Cobalt glance 鈷鉀鈷硫二礦 即光色鈷礦
,, oxide, 鈷養
,, phosphate, 鈷養燐養二
,, pyrites, 鈷硫二礦
,, sulphide, 鈷硫
Cobaltine, 古薩勒的尼礦 即含鉀與硫之鈷礦
Cocaine, 高卡以尼
Coccolite, 殼故來得 即小果形石
Cocculus indicus, 印度殼故路司
Cochineal, 呼蘭米
Cocinic acid, 哥格尼克酸
Cocoa, 荷苟
,, nut oil, 椰子油
Codamina, 荷太迷那
Codeia, 荷弟以阿
Codeine, 荷弟以尼
Cod liver oil, 各特魚肝油
Coesium, 鍶
Coffee, 加非
Coin bronze 錢銅
Coke, 枯煤
Colcothar, 夸故他爾 即鐵二養三粉
Cold short iron, 冷脆鐵
Collodion, 哥路弟恩
,, cotton, 哥路弟恩棉花
Colophene, 殼路非尼
Colophony, 殼路夫尼 即黑松香
Colouring matter, animal 動物顏料
,, ,, mineral, 死物顏料
,, ,, vegetable 植物顏料
Columbite, 高倫倍得
Columbium, 鈮 即鈮
Colza oil, 菜油
Combined carbon, 化合之炭質
Combustible, 能燃之質
Common salt, 食鹽
Concrete, 卵石與灰合成之石
Condurrite, 干度來得
Condy's disinfecting fluid, 甘弟氏滅臭水
Coniferin, 可尼非里尼
Coniine, 哥尼以恩
Copaiva, 可波以發
Copal, 哥巴勒
Copaline, 哥巴勒以尼

Curarine,	固拉里尼
Curcumine,	固耳固迷尼
Curd of milk,	乳腐
Curry,	咖哩
Cyanelide,	衰阿迷里弟
Cyanic acid,	衰養
ether,	衰以歐
Cyanide of phosphorus,	燐衰
,, of potassium,	鉀衰
Cyanides of alcohol radicals,	醇底子合衰質
Cyanine,	衰阿尼尼
Cyanite,	衰阿奈得
Cyanogen,	衰
,, chlorides,	衰綠
Cyano-metallic radicals	金類合衰底子
Cyanuric acid,	衰由里克酸
Cylinder charcoal,	蒸成木炭
Cymene,	蔵迷尼
Cymole,	蔵彩哇里
Cyniophane,	蔵莫反尼石
Dadyle,	打對里
,, hydrochlorate,	打對里輕綠
Damaluric acid,	大瑪勒由里克酸
Dammara,	他馬拉
Datholite,	大妥來得
Daturine,	打都里尼
Dead head,	鑄物餘頭
Dead oil of coal tar,	黑煤油之死油
Dephlogisticated muriatic acid,	輕綠
Derbyshire spar,	鈣弗石 即德爾比司巴耳石
Desmine,	兌司迷尼礦
Detonating tubes,	礮火門拉引管
Dextrine,	對格司特里尼
Dextro tartaric acid,	對格司特羅果酸
Dhil mastic,	弟勒瑪司的格
Diacetine,	二阿西低尼
Diacid diamine,	二酸二阿美尼
Diallage,	弟阿拉知石
Diamines,	二阿美尼類
,, aromatic,	香二阿美尼類
Diamond,	金剛石
,, glazier's,	割玻璃金剛石
Diamylamine,	二阿埋里阿美尼
Diamore,	弟阿司布而石 即熱散石
Diastase,	弟阿司打西
Diatomic elements,	雙質點之質
Coquimbite,	格苟末倍得
Coral,	珊瑚
Corpse light in coal mines,	煤硐燭火藍色
Corrosive sublimate,	汞綠
Corundum,	寶砂石即可倫都末
Cotarnia,	哥他而尼阿
Cotarnine,	哥他而尼尼
Cotton,	棉
Crackers detonating,	汞藥爆竿
Cream,	乳皮
,, of tartar,	鉀養二果酸
Cronic acid,	格里尼克酸
Creasote,	格里亞蘇特
Cress,	辣芥菜
Cresylic acid,	格里茂里克酸
Crocus of antimony,	三鈉硫銻砷 即銻渣滓
Cross stone,	十字形顆粒石
Croton, chloral hydrate	各羅敦格羅拉勒輕養
,, oil,	巴屯油
Crotonic acid,	各羅敦以克酸
Crow fig,	番木鱉
Cryolite,	格來哇來得 即雪形石
Cryptopia,	格里布度鴉比阿
Cudbear,	紫粉
Cumidine,	固迷低尼
Cuminaldehyde,	固迷尼阿勒弟海特
Cuminic acid,	固迷尼克酸
,, alcohol,	固迷尼克醇
Cuminole,	固迷尼哇里
Cummin,	固迷尼 即馬芹
Cumyle,	固埋里
,, hydride,	固埋里輕
Cumylene,	固埋里尼
,, diamine,	固埋里尼二阿美尼
Cupric acid,	銅養二
,, chloride,	銅綠
,, oxide,	銅養
Cuprite,	銅二養礦 即固渣來得
Cuprous acetyle chloride	銅阿西台里綠
,, ,, oxide,	銅阿西台里養
,, acetylide,	銅阿西台里弟
,, chloride,	銅綠
,, oxide,	銅養
Curaçoa,	固拉校酒
Curara	固拉拉

Disodacetic ether,	二鈉苦醋酸以脫
Distilled sulphur,	蒸過之硫
,, water,	蒸水
Dithionic hydrosulphuric acid,	硫二養五
Ditolylamine,	二桑路以里阿美尼
Doeglic acid,	杜格里克酸
Dolomite,	多路美得
Dough,	未烘之餅頭
Dragon's blood,	血竭
Dryers,	令油易乾之料
Dutch liquid,	荷蘭流質
metal,	荷蘭假金箔
,, pink,	荷蘭紅
Dyad elements,	二質點之原質
Earthenware,	瓷器
Earths, alkaline,	鹼土屬
,, proper,	土屬
Eau-de-Javelle,	雅維勒水 即納養綠養或鉀養綠養
Ebonite,	以步奈特 即硬象皮似烏木
Ecbolia,	愛格蒲里亞
Egeran,	以其蘭石
Eisennickelkies,	鐵鎳開司礦
Eischzinespath,	鐵鋅司巴得
Elaene,	以拉以尼
Elaidic acid,	以拉以的克酸
Elaldehyde,	以拉阿勒弟海特
Elba iron ore,	愛勒拔島鐵礦
Electrical amalgam,	汞油膏磨電器所用
Electro-negative elements,	負電原質
Electro-positive elements,	正電原質
Electro-plating,	電鍍銀
Element,	原質
Elemi resin,	以里迷香
Ellagic acid,	歐拉其克酸
Embolite,	安步來得 亦名中間石 即綠碳
Emerald,	明綠寶石
Emery,	寶砂
Emetics,	吐藥
Emetine,	以密低尼
Empyreumatic products	焦虛質
Emulsine,	灰慕捩西尼
Enamel,	瓷油
,, glass,	瓷鄂玻璃
Endosmose,	通膜和勻

Diazoamido benzole	二阿蘇阿美尼里
Dibromotyrosine,	二溴太路西尼
Dichloraniline,	二綠阿尼里尼
Didymium,	鈥
Diethacetic acid,	二以脫醋酸
,, ether,	二以脫醋酸以脫
Diethoxalic acid,	二以脫草酸
Diethylamine,	二以脫里阿美尼
Diethyl-diethylinediamine,	二以脫里二以脫里尼二阿美尼
Diethylene diamine,	二以脫里尼二阿美尼
,, diammonium hydrate,	二以脫里尼二淡輕養輕養
Diethylene-diethyltriamine,	二以脫里尼二以脫里三阿美尼
Diethylene-trialcohol,	二以脫里尼三醇
,, triamine,	二以脫里尼三阿美尼
,, triammonium-trichloride,	二以脫里尼三淡輕養三綠
Diethylzincamine,	二以脫里鋅阿美尼
Dimethacetic ether,	二迷以脫醋酸以脫
Dimethoxalic acid,	二迷以脫草酸
Dimethylamine,	二迷以脫里阿美尼
Dinitraniline,	二淡養五阿尼里尼
Dinitrobenzole,	二淡養五偏蘇里
Dinitro-diphenylamine	二淡養五二非尼里阿美尼
Dioenthylene-dyamylamine,	二以羅弟里尼二阿埋里阿美尼
Dioptase,	臺哇布大西礦
Diphenylamine,	二非尼里阿美尼
Diphenyl-benzoylamine	二非尼里偏蘇愛里阿美尼
,, diethylene-diamine,	二非尼里二以脫里尼二阿美尼
Diphenyl-guanidine,	二非尼里古阿尼羅尼
,, urea,	二非尼里由里阿
Diplatinamine,	二鉑阿美尼
Diplatosamine,	二鉑蘇阿美尼
,, hydrate,	二鉑蘇阿美尼輕養
,, hydrochlorate	二鉑蘇阿美尼輕綠
,, sulphate,	二鉑蘇阿美尼硫養三
Disinfectant, McDougall's,	麥度加氏滅病藥料
Disinfecting fluid, Burnett's	伯呢得氏滅奧料
Disinfecting fluid, Condy's,	甘弟氏滅奧水

Ethylene binoxide,	以脫里尼養二
diamine,	以脫里尼二阿美尼
hexethyl-diphosphonium-hydrate,	以脫里尼六以脫里二撲經養
Ethylformate of soda,	納養以脫里福耳密克
Ethylglucose,	以脫里哥路哥司
Ethylic alcohol,	以脫里克爾
bromide,	以脫里克溴
chloride,	以脫里克綠
ether,	以脫里克以脫
„ iodide,	以脫里克碘
Ethyl-methyl-phenylamine,	以脫里迷以脫里非尼里阿美尼
Ethyl-methyl-urea,	以脫里迷以脫里由里阿
Ethylo-platinammonium hydrate,	以脫里鉑淡輕養輕養
Ethylo-toluidine,	以脫里桑路以弟尼
Ethyloxamide,	以脫里哇格司阿美弟
Ethylurea,	以脫里由里阿
Euchlorine,	由綠氣
Euclase,	由可賴斯石 即易簡石
Eudoic acid,	由度以克酸
Eugenic acid,	由幾尼克酸
Eugenine,	由幾尼尼
Euperion matches,	由比里愚自來火
Euphorbium,	由福比由末 即大戟香
Eupione,	由比阿尼
Evernic acid,	以分尼克酸
Excretions,	婁津液
Exitile,	愛格西台里
Eahlerz,	發勒士即灰色銅礦
Farcelite,	發里來得
Fast colours,	定質顏料
Fats,	定質油
Fatty acid series,	油酸類
Feldspar,	非勒司巴耳
„ potash,	鉀養鋁二養三六矽養二
„ soda,	納養鋁二養三六矽養二
Fennel,	茴香
Ferric acid,	鐵養三
„ chloride,	鐵綠
„ oxide,	鐵二養三
„ sulphate,	鐵養硫養三

Enysite,	文尼歲得
Epidote.	以比佗得
Epsom salts,	鎂養硫養二
Erbium,	鉺
Erucic acid,	衣魯西克酸
Erucine,	衣魯西尼
Erytherite,	以里特來得
Erythric acid,	以里特里克酸
Erythrine,	以里特里尼礦 即紅結礦
Erythrosic acid,	以里特魯西克酸
Esculetine,	愛思古里低尼
Esculine,	愛思古里尼
Eserina,	以西里那
Essence of almonds,	杏仁露
„ „ turpentine,	樅青露
Essential oils,	能蒸油類
Essonite,	愛蘇奈得 即桂皮色寶石
Ethal,	以脫勒
Ethalic acid,	以脫勒克酸
Ether,	以脫
Ethereal oil,	以脫油
Etherine,	以脫以尼
Ethers,	以脫類
„ double,	雙以脫類
„ perfuming	香以脫類
„ flavouring,	加味以脫類
Ethylamine.	以脫里阿美尼
Ethylammonia,	以脫里淡輕三
Ethylaniline,	以脫里阿尼里尼
Ethylate of potash,	鉀養以脫里
„ soda,	納養以脫里
„ zinc,	以脫里鋅
Ethyl-codeyl-ammonium hydrate.	以脫里苟弟里淡輕養輕養
Ethyle,	以脫里
„ amyle,	以脫里阿埋里
„ butyle,	以脫里布低里
„ cyanide,	以脫里養
„ hydride,	以脫里輕
„ iodide,	以脫里碘
„ kakodyle,	以脫里卡可待里
„ nicotyl-ammonium-hydrate,	以脫里尼古弟里淡輕三養輕養
Ethyle orthcarbonate,	以脫里炭養二
„ subcarbonate,	二以脫里炭養二
„ sulphide,	以脫里硫
Ethylene.	以脫里尼
„ bibromide,	以脫里尼溴二

Formyle, 福耳美里
,, terchloride, 福耳美里三綠
Foundry iron, 合鑄物之生鐵
Fousel oil, 甫司里油
Fowler's solution, 鉀養砷養水
Frankincense, 乳香
Franklinite, 福蘭格林愛得 即鋅養鐵養礦
Free stone, 輕砂石
French chalk, 鎂養矽養石 又名法蘭西白石粉
Fructose, 果路格拖司
Fuel, 燒料
Fuller's earth, 石脂 即漂白家泥
Fulminic acid, 夫路迷尼克酸 即爆藥酸
Fulminate of mercury, 汞爆藥
,, of silver, 銀爆藥
Fulminates, 爆藥類
Fulminating gold, 金爆藥
,, silver, 銀爆藥
,, platinum, 白爆藥
Fulvic acid, 夫路肥克酸
Fumaric acid, 甫馬里克酸
Fumigative, 滅臭料
Fuming sulphuric acid, 發煙硫强水
Fumitory, 甫塢土里
Fur, in kettles, 水壺內生皮
Furfuramide, 福耳福耳阿美弟
Furfurine, 福耳福耳以尼
Furfurole, 福耳福耳哇里
Fused common salt, 已鎔化之食鹽
Fusible alloy, 易鎔鬲金
Fustic, 甫司的格
Fuze, 引火器或料
,, composition, Abel's 亞比勒氏電引火料
Gadolinite, 加度里內得
Galbanum, 加勒巴奴末
Galena, 加里那 即鉛硫礦
Gallic acid, 加里克酸
Gall nuts, 五倍子
Galvanized iron, 鍍鋅之鐵
Gamboge, 藤黃
Gangue, 包礦之石
Garancine, 加蘭西尼染料
Garlic, 蒜
Garnet, 加尼得 紅寶石
Gas, 氣質
,, carbon, 炭精
Gaseous hydrocarbons, 氣形之輕炭質

Ferricum, 鐵彩
Ferricyanogen, 養鐵
Ferrocyanates, 含養鐵之質
Ferrocyanic acid, 養鐵
Ferrocyanide of potassium, 鉀養鐵
Ferrocyanogen, 養鐵
Ferroferric acid, 鐵養
Ferrosum, 鐵彩
Ferrous oxide, 鐵養
,, sulphate, 鐵養硫養
Ferrutied chyazic acid, 鉀養鐵
Fibrine, 非布里尼
,, of blood, 血非布里尼
,, ,, muscle, 肉筋非布里尼
,, ,, vegetable, 植物非布里尼
Fibroine, 非布路以尼
Fibrous iron bar, 絲紋鐵條
Finery cinder, 二鐵養矽養 即煅淨鐵所得之渣
Fire bricks, 火磚
,, clay, 火泥
,, damp, 炭輕
Fish oil, 魚油類
Flags, 版石
Flake white, 鉛養三淡養
Flame, 火焰
,, oxydizing, 旋養氣火
,, reducing, 收養氣火
Flesh, 肉
Flint, 火石
Flour, 麵粉
Fluoboric acid, 佛養三輕弗
Fluorescence, 回光閃色
Fluoric acid, 輕弗
Fluoride of calcium, 鈣弗
,, of silicon, 矽弗
Fluorides, 含弗氣之質
Fluorine, 弗氣
Fluor-spar, 鈣弗石
Flux, Baume's, 波密氏配料
Forge iron, 合於鍛熟鐵之生鐵
Formamide, 福耳密阿美弟
Formic acid, 福耳密克酸即蟻酸
Formiate of lime, 鈣養福耳密克
Formonitrile, 福耳密內特來里
Formophenylamine hydrodate, 福耳美里阿美尼哇特
Formyl-diphenyl-diamine, 福耳美里二非尼里二阿美尼

Glycol chlorhydrine of 各里各哇里輕綠
„ monacetate of, 各里各哇里醋酸
Glycolic acid, 各里各哇里克酸
Glycols, 各里各哇里類
Glycoside, 各里哥茨弟
Glycyrrhizine, 各里色里茶
Glyoxal, 各里阿格撒里
Gneiss, 乃斯石
Gold, 金
„ fumigating 金薰藥
„ leaf, 金箔
„ lace, 金絲帶
„ oxide, 金養
„ protochloride, 金綠
„ ruby, 金紅
„ standard, 準金
„ sulphide, 金硫
„ terchloride, 金綠二
„ thread, 金絲
Goshenite, 過中內得
Goulard's extract, 三鉛養醋酸水
Grains, brewer's, 啤酒糟
Granatite, 古闌那台得 即十字形顆粒石
Granite, 花剛石
Granitic rocks, 花剛石類
Granulated zinc, 鋅顆粒
Grape husks, 葡萄皮
„ juice, 葡萄汁
„ sugar, 葡萄糖
Graphite, 筆鉛
Green, arsenical, 二銅養砷養二
„ borate of chromium, 絡養硼養三
Green, Brunswick 銅綠三銅養四輕養
„ chrome, 絡養三
„ malachite, 銅養炭養二
„ mineral, 銅養炭養二 銅養輕養
„ Rinmans, 林曼綠
„ salt of Magnus, 馬軋奴斯綠鹽
„ vitriol, 鐵養硫養二
Grey copper ore, 灰色銅礦
iron, 灰色鐵
nickel ore, 灰色鎳礦
Grodes, 茶白石粉
Grocia, 古留溜格
Gristle, 脆骨
Grough saltpetre, 生硝
Guaiacum resin, 古阿以古末

Gastric juice, 胃汁
Gaultheria, 各拉弟里阿樹
Gaylussite, 該路賽得
Gedge's metal, 苟之氏銅
Geic acid, 奇以克酸
Gelatine, 直揀的尼
German silver, 日耳曼銀 即白銅
Gin, 進酒
Glass, 玻璃
„ bottle, 洋酒瓶玻璃
„ crown, 無鈉玻璃
„ flint, 火石玻璃
„ gall, 玻璃浮滓
„ plate, 厚玻璃片
„ common window, 平常玻璃片
Glauberite, 古勞霍來得
Glauber's salt, 鈉養硫養二
Glaze for earthenware, 釉 做碗用
Glazier's diamond, 劃玻璃之金剛石
Globuline, 格路布里尼
Glonoine, 格羅奴以尼
Glucic acid, 哥路西克酸
Glucina, 鉻養
Glucinum, 鉻
Glucose, 哥路哥司
„ artificial, 人造哥路哥司
„ stearic, 司替阿里克哥路哥司
Glucosides, 哥路哥茨弟
Gluco-tartaric acid, 哥路哥果酸
Glue, 動物膠 西名哥路
Gluten, 哥路吨
Glutine, 哥路低尼
Glyceric acid, 各里司里克酸
„ alcohol, 各里司里克醇
„ ether, 各里司里克以脫
Glycerides, 各里司里弟
Glycerine, 各里司里尼
Glycerine soap, 各里司里尼肥皂
Glyceryle, 各里司來立
Glycocholalic acid, 各里各可路里克酸
Glychocholic acid, 各里各可里克酸
Glycocine, 各里各西尼
Glycocoll, 各里各可勒
Glycogen, 各里各真
Glycol, 各里各哇里
„ acetobutyrate of 各里各哇里醋酸布低里克
„ aldehyde of, 各里各哇里阿勒海特
„ binacetate of, 各里各哇里二醋酸

Heavy oil of wine, 重酒油 即以脫油
Hepatic waters, 益肝之水
Hexamincobaltic chloride, 六阿美尼結綠
Hippuric acid, 希布由里克酸
Homogeneous metal, 勻質之鋼
Heliotrope, 希里倭特路巴石 即血點石
Heulandite, 許蘭台得
Hircine, 希爾西尼
Honey, 蜜
Hoofs, material, 獸蹄料
Hops, 霍布花
Hornblende, 禍拿布侖得
Horn lead, 鉛綠 即明角形鉛礦
„ material, 獸角料
„ silver, 銀綠 即明角形銀礦
Horse chesnut bark, 馬栗樹皮
Horseradish, 辣根
Hot blast iron, 熱風鐵
Humic acid, 呼迷克酸
Humine, 呼迷尼
Humus, 呼莫司
„ coal of, 呼莫司煤
Hyacinth, 海耶辛得
Hyalite, 海耶來得 即玻璃色石
Hydrargyrum cum creta 汞含白石粉
Hydrated bases, 含水之本質
„ oxides, 含水之配質
Hydrate of lime, 鈣養輕養
„ of potash, 鉀養輕養
Hydrates, 含輕養之質
Hydraulic cements, 水內結成之灰
Hydrides of alcohol radicals, 含水醇本質
Hydriodate of potasa, 鉀養輕碘
Hydriodic acid, 輕碘
„ ether, 輕碘以脫
Hydroboracite, 海得路硼拉歲得 即水硼養二礦
Hydrobenzamide, 海得路福蘇阿美弟
Hydrobromic acid, 輕溴
ether, 輕溴以脫
Hydrocarbons, 輕炭類質
Hydrochloric acid, 輕綠
Hydrochloric ether, 輕綠以脫
Hydrocotarnia, 海得路哥他而尼阿
Hydrocyanic acid, 輕青
ether, 輕青以脫

Guiacol, 古以阿哥里
Guanidine, 古阿尼弟尼
Guanite, 古阿奴愛得
Guano, 古阿奴
Guelder rose, 綿毬花
Gum Arabic, 阿喇伯樹
„ anime, 阿你迷膠
„ British, 英國膠
„ Senegal, 葳尼加勒膠
„ tragacanth, 特拉茄看得膠
„ resins, 松香膠類
Gums, 樹膠類
Gun cotton, 棉花藥
„ „ pulp, Abel's, 亞比勒氏棉花藥漿
„ metal, 砲銅
„ paper, 紙藥
„ powder, 火藥
Gutta percha, 格搭伯查
Gutta, pure, 淨格搭
Gypsum, 紀布速末 即石膏
Haemateine, 喜瑪替以尼
Haematine, 喜瑪替尼
Haematite, brown, 櫻色喜瑪台得 即櫻色鐵礦
„ red, 紅色喜瑪台得 即紅色鐵礦
Haematosine, 喜瑪托西尼
Haematoxyline, 喜瑪托客西里尼
Haemoglobin, 喜瑪格路比尼
Hair, 毛髮
„ dye, 染髮料
Halite, 哈來得
Halogens, 成鹽類之底質
Haloid salts, 似鹽之鹽類
Hammer slag, 打鐵所出之滓
Hard metal, 硬銅
„ water, 硬水
Harmatome, 哈馬土密 即劈節石又名十字石
Harrogate water, 哈路該得水
Hartshorn, spirit, 淡輕二水
Hausmannite, 何司曼內得 即錳黑礦
Haüyne, 何以尼石
Hayesine, 亥以西尼石 即鈣養硼養二
Heath's steel, 希德氏鋼 即加錳之鋼
Heavy lead ore, 鉛養二礦
„ spar, 鋇養硫養二礦 又名重光石

Imides, 衣美弟
Imidogen, 衣美朵異
Incrustations on boilers, 鍋爐內所結之質
Indian fire, 印度火
Indican, 靛的甘
Indifferent oxides, 無本配性之質
Indicolite, 靛的故來得 即靛藍色石
Indigo, 靛
" blue, 靛藍
" copper, 銅礦
" red, 靛紅
" reduced, 熟靛
" white, 靛白
Indigotine, 靛的故靛尼 即純靛藍
Indium, 銦
" oxide, 銦養
Ink, vanadium, 釩墨
Inorganic substances, 死物質
Inosite, 以奴西的
Inulin, 以奴呂尼
Iodates, 含碘養三之質
Iodic acid, 碘養三
Iodide of nitrogen, 淡碘
" " potassium, 鉀碘
" " silver, 銀碘
Iodine, 碘
" bromide of, 碘溴
" chloride, 碘綠
" oxide, 碘養
" terchloride, 碘綠三
Iodized starch paper, 小粉碘紙
Iodoform, 愛阿度福密
Iridium, 銥
" sesquichloride, 淡銥三綠
" black, 銥黑
" chloride, 銥綠
" oxide, 銥養
Iron, 鐵
" amalgam, 鐵汞
" basic persulphate, 高本之鐵二養三硫養三
" bisulphide, 鐵硫二
" black oxide, 鐵二養四
" carbonate, 鐵養炭養二
" cast, 生鐵
" chloride, 鐵絲
" cold short, 冷脆鐵
" cyanide, 鐵盡

Hydrocyanic acid, anhydrous, 無水輕淡
Hydrocyan-rosaniline, 輕淡羅殺阿尼里尼
Hydroferricyanic acid, 輕三淡六鐵三
Hydroferrocyanic acid, 輕二淡六鐵
Hydrofluoboric acid, 三輕弗二硼弗三
Hydrofluoric acid, 輕弗
Hydro-fluo-silicic acid, 輕弗矽弗二
Hydrogen, 輕氣
" binoxide, 輕養二
" peroxide, 輕養二
" persulphide, 輕硫二
" phosphide, 輕磷三
" selenietted, 輕硒
" sulphuretted, 輕硫
Hydrokinone, 海得路幾奴尼
Hydro-nitro prussic acid, 輕二淡六淡養三鐵二
Hydroselenic acid, 輕硒
Hydrosulphocarbonic acid, 輕硫炭硫二
Hydrosulphocyanic acid 輕淡硫三
Hydrozincite, 海特路辛淡得
Hydrosulphuric acid, 輕硫
Hydrotelluric acid, 輕碲
" ether, 輕碲以脫
Hydroxylamine, 淡輕三養二
Hyoscyamine, 海哇茂阿美尼
Hypobromous acid, 溴養
Hypochlorite of lime, 鈣淡綠二養
Hypochlorous acid, 綠二養
Hypogeic acid, 海波其乙克酸
Hyponitric acid, 淡養四
Hyponitrous acid, 淡養二
Hypophosphites, 含二輕磷燒養二之質
Hypophosphorus acid, 二輕磷養三
Hyposulphates, 含硫二養五之質
Hyposulphindigotic acid, 硫淡二靛
Hyposulph - of soda, 鈉養硫二養二
Hyposulphites, 含硫二養二之質
Hyposulphuric acid, 硫二養五
Hyposulphurous acid, 硫二養三
Ice 冰
Iceland spar, 愛斯蘭光石 即鈣養炭養二
Idocrase, 以度可拉司 即雜以度形石
Ignis fatuus, 燐火
Ilmenium. 鈮

Jewellers' rouge, 金銀匠紅料
Juniper, 側栢
Kakodyle, 卡可待里
„ bisulphide, 卡可待里硫二
„ chloride, 卡可待里綠
„ cyanide, 卡可待里氰
„ oxide, 卡可待里養
Kakodylic acid, 卡可待里克酸
Kaolin, 高陵泥 即做瓷器之白泥
Kapnomor, 加波奴木爾
Keene's cement, 幾納氏灰
Keating's cement, 幾丁氏灰
Kermes mineral, 格密士
Kermesite, 格密達得
Ketones, 幾朵尼
Kid leather, 小山羊皮
Kieserit, 開西來得
Killas, 紀揀斯石
Kings' yellow, 鉀養三鉀硫二黃色料
Kinic acid, 幾尼克酸
Kino, 幾奴
Kinone, 幾奴尼
Kirschwasser, 樓桃燒酒
Kish, 開施
Klunene, 格路迷尼 即阿西台里尼
Kola nut, 苟揀核
Koumiss, 格密司乳酒
Kreasote, 格里阿蘇特
Kreatine, 格里阿的尼
Kreatinine, 格里阿的尼尼
Kresole, 格里蘇里
Kresyle, 格里蕊里
Kresylic acid, 格里蕊里克
Krupp's steel, 克虜伯氏鋼
Kryolite, 格來哇來得
Kupfer nickel, 司伯發鎳 即鎳二鉀硫
Kyanised wood, 漬禾綠二水之木
Kyanite, 開阿內得
Lac, 拉格 即紫鉀
„ seed, 拉格子
„ stick 拉格條 即紫梗
Labadorite, 拉巴拉多來得
Lacquer, 拉格漆
Lactarine, 拉格的里尼
Lactic acid, 拉格的克酸 即乳酸
„ anhydride, 無水拉格的克酸
Lactide, 拉格對特
Lactine, 拉格的尼

Iron, ferricyanide, 鐵三氰六鐵二
„ fibrous, 絲紋鐵
„ galvanized, 已鍍鋅之鐵
„ glance, 光點鐵礦
„ grey, 灰色鐵
„ homogeneous, 勻質鐵
„ iodide, 鐵碘
„ magnetic oxide, 鐵三養四
„ mould, 鐵模痕
„ oxides, 鐵養
„ perchloride, 鐵三綠三
„ peroxide, 鐵二養三
„ persulphate, 鐵二養三三硫養三
„ phosphate, 鐵養樓養五
„ protochloride, 鐵綠
„ protosesquioxide, 鐵二養三
„ protosulphate, 鐵養硫養三
„ protoxide, 鐵養
„ prussiate, 輕鐵氰
„ pyrites, 鐵硫二礦
„ pyrophoric, 鐵二養三
„ red oxide, 鐵二養三
„ red short, 熱脆鐵
„ sand, 鐵沙
„ scales, 鐵衣
„ sesquichloride, 鐵二綠三
„ sesquiferrocyanide, 鐵四鐵氰三 即普魯士藍
„ sesquiodide, 鐵二碘三
„ sesquioxide, 鐵二養三
„ sesquisulphate, 二鐵二養三三硫養三
„ specular, 鐵光面鐵礦
„ sulphate, 鐵養硫養三
„ sulphide, 鐵硫
„ sulphuret, 鐵硫
„ tincture, 鐵酒
„ wrought, 熟鐵
Isatine, 衣薩低尼
Isorine, 以西里尼
Isethionic acid, 以西以脫以哇尼克
Isinglass, 魚肚膠
Isocumole, 以蘇古母里
Isoprene, 以蘇布里尼
Isotartaric acid, 以蘇果酸
Isoterebenthene, 以蘇特里徧替尼
Ivory black, 象牙黑
Jasper, 青碧
Jatrophine, 牙特羅非尼
Jelly, 凍水膠
Jet, 借得 即墨玦

Lemons,	檸檬
Lepargylic acid	立巴格里克酸
Lepidolite,	立必伦來得 即鱗形礦
Lepidine	格阿尼里尼
Lepidine triphenyle	阿尼里尼三非尼里
Leucic acid	留昔克酸
Leucine,	留昔尼
Leucite,	留昔得 即白色石
Leucopyrites,	留格貝里底司即白色鐵硫二磺
Leucone	留格尼
Levyne,	里維尼石
Lias,	里阿司層
Libethenite,	里本敦愛得
Lichens,	苔類 即里真
Light carburretted hydrogen,	炭二輕四
,, oil of wine,	輕酒油
,, ,, ,, coal tar,	黑煤油輕油
Lignine,	立故尼尼
Lignite,	木煤
Lime,	鈣養
,, acetate,	鈣養醋酸
,, bicarbonate,	鈣養二炭養二
,, binoxalate,	鈣養三草酸
,, carbonate,	鈣養炭養二
,, hydrate,	鈣養輕養
,, hypochlorite,	鈣養鈣綠
,, hyposulphite,	鈣養硫二養二
,, kinate,	鈣養幾尼克
,, lactate,	鈣養拉格的克
,, malate,	鈣養瑪里克
,, oxalate,	鈣養草酸
,, platinate,	鈣養三鉑養二
,, stone,	鈣養炭養二
,, succinate,	鈣養瑟格西尼克
,, sulphate,	鈣養硫養三
,, superphosphate.	二鈣養三燐養五
,, water,	鈣養水
Limonite,	里暮內得 即櫻色鐵二養三礦
Linoleic acid,	利尼哇里以克酸
Linoxyn,	利尼客西尼
Linseed,	胡麻子
Lipic acid,	里比克酸
Liquor ammoniae,	淡輕四養水
,, sanguinis,	血水
Liquorice root	甘草根

Lævotartaric acid,	里扶果酸
Lakes, alumina	鋁二養三雷格色料
,, lead,	鉛雷格色料
Lamp black,	炭黑
Lanarkite,	闌那開得
Lanthopine,	闌特鵝比尼
Lanthanium,	鎭
Lapis lazuli,	青金石
Lard,	豬油
Laudanosia,	羅丹哇西阿
Laughing gas,	淡養氣
Laurel water,	羅耳烏司葉露
Lauric acid,	羅耳以克酸
,, alcohol,	羅耳以克醋
Laurite,	羅耳愛得
Lavender,	拉分打
Lead,	鉛
,, acetate,	鉛養醋酸
,, argentiferous.	含銀之鉛
,, basic carbonate,	爲本之鉛養炭養二
,, ,, chromate,	鉛養鉻養三
,, binoxide,	鉛養二
,, carbonate,	鉛養炭養二
,, chloride,	鉛綠
,, chlorosulphide,	鉛綠鉛硫
,, chromate,	鉛養鉻養三
,, dichromate	鉛養二鉻養三
,, hydrated oxide,	鉛養輕養
,, iodide,	鉛碘
,, malate,	鉛養瑪里克
,, molybdate,	鉛養鉬養三
,, oxide,	鉛養
,, oxychloride,	鉛綠鉛養
,, peroxide,	鉛養二
,, phosphate,	鉛養燐養五
,, protoxide,	鉛養
,, pyrophorus,	自燃鉛粉
,, selenide,	鉛硒
,, sulphate,	鉛養硫養四
,, sulphide,	鉛硫
,, tartrate,	鉛養果酸
,, tribasic acetate,	三鉛養醋酸
,, vanadiate,	鉛養釩養三
,, vitriol,	鉛養硫養四
Leadhillite,	留弟來得
Leather,	熟皮
Leaven,	酵
Lecanoric acid,	里卡奴里克酸
Leeks,	韭
Legumine,	里故迷尼

Malaeic acid,	瑪里以克酸
Malamide,	瑪里阿美弟
Malic acid,	瑪里克酸 即蘋果酸
Malleable cast iron,	韌性生鐵
Malonic acid,	瑪路尼克酸
Malt dust,	大麥去芽粉
Manganate of potash,	鉀養錳養三
Manganese,	錳
,, alum,	錳礬
,, binoxide,	錳養二
,, black,	錳黃二
,, carbonate,	錳養炭養二
,, chloride,	錳綠
,, hydrated peroxide,	錳養二輕養
,, oxide,	錳養
,, peroxide,	錳養三
,, protoxide,	錳養
,, red oxide,	錳三養四
,, sesquioxide,	錳二養三
,, spar,	錳養光石
,, sulphate,	錳養硫養二
Manganic acid,	錳養三
Manganite,	孟加內得 即灰色錳石
Manna,	瑪內
Mannitane,	瑪內打尼
Mannite,	瑪內得
,, glyceride,	瑪內得各里司里弟
,, glycerine,	瑪內得各里司里尼
,, stearine,	瑪內得司替阿里尼
Manures,	粉類
Maraschino,	瑪拉司扣櫻酒
Marble,	雲石
Marcasite,	馬耳加崴得 即白色鐵硫二礦
Margaric acid,	瑪加里克酸
Margarine,	瑪加里尼
Marine glue,	海膠
Marking ink,	寫布墨
Marl,	瑪而拉 即含鈣養之土
Marmolite,	瑪暮來得
Marsh gas,	炭二輕四
,, ,, series,	炭二輕四級類
,, mallow,	蜀葵
Mascagnine,	生成淡輕三養硫養三
Massicot,	馬西格得即鉛養磺
Mastic,	瑪司的格
Matches,	自來火

Litharge,	密他僧 即鉛養
Lithia,	鋰養
,, carbonate,	鋰養炭養二
,, mica,	鋰養雲母礦
,, phosphate,	三鋰養燐養五
Lithic acid,	里的克酸
Lithium,	鋰
Litmus,	力低慕司 即石蕊
,, paper,	藍試紙
Load-stone,	磁石
Loam,	羅末 即不淨之泥
Logwood,	洋蘇木
Lucifer matches,	自來火 即洋火頭
Lunar caustic,	銀養淡養五
Lupuline,	羅布里尼
Luteo-cobaltic chloride	羅的哇鈷綠
Luteoline,	羅的哇里尼
Luting for crucibles,	封鍋泥料
McDougall's disinfectant,	麥度加氏滅病藥料
Madder,	茜草根
Magenta,	瑪真塔
Magnesia	鎂養
,, ammonio phosphate,	二鎂養淡輕三燐養五
,, arsenite,	鎂養砷養三
,, borate,	鎂養硼養二
,, calcined,	鎂養
,, carbonate,	鎂養炭養二
,, citrate,	鎂養檸檬酸
,, hydrate,	鎂養輕養
,, hydraulic,	鎂養輕養
,, phosphate,	鎂養燐養五
,, silicate,	鎂養矽養二
,, sulphate,	鎂養硫養三
Magnesian limestone,	鎂養炭養二鈣養炭養二石
Magnesite,	鎂養炭養二礦
Magnetite,	馬拉尼台得 即八面形鐵礦
Magnesium,	鎂
,, chloride,	鎂綠
,, nitride,	鎂淡
,, silicide,	鎂矽
Magnet fuze composition,	吸鐵引火藥料
Magnetic iron ore,	吸鐵礦 即磁石
Magnus' green salt,	鉑綠淡輕三
Malachite,	瑪拉開得 即銅綠炭養二礦石

Mercury black oxide, 黑汞養
,, chloride, 汞綠
,, chlorosulphide 汞綠二汞硫
,, cyanide, 汞衰
,, fulminate, 汞爆藥
,, iodide, 汞碘
,, nitrate, 汞養淡養五
,, nitric oxide, 汞養淡養四
,, nitride, 汞淡
,, oxide, 汞養
,, protochloride 汞二綠
,, prótonitrate, 汞養淡養五
,, prussiate, 汞輕衰
,, red oxide, 紅汞養
,, sub-sulphide, 汞二硫
,, sulphate, 汞養硫養三
,, sulphide, 汞硫
,, yellow oxide 黃汞養
Mesotype, 迷薩台伯石
Metacetone, 迷塔阿西多尼
Metacetoric acid, 迷塔阿西多尼克酸
Metagallic acid, 迷塔加里克酸
Metal, 金類
Metalamides, 金類阿美弟
Metaldehyde, 迷塔阿勒弟海特
Metallic oxides, 金類合養氣之質
Metals, 金類
,, alkali, 鹼屬金類
,, alkaline earth, 鹼土屬金類
,, earth proper, 土屬金類
,, noble, 貴金類
,, platinum group, 鉑屬金類
,, slag, copper, 銅渣滓
Metameconic acid, 迷塔迷故尼克酸
Metantimonic acid, 二卯養銻養五
Metaphosphates, 含輕養燐養五之質
Metaphosphoric acid, 輕養燐養五
Metastannic acid, 錫五養十
Metastyrole, 迷塔司土辣哇里
Metatartaric acid, 迷塔果酸
Metaterebenthene, 迷塔吠里徧替尼
Meteoric iron, 天降鐵
Methides, 迷以脫弟
Methyl acetyle, 迷以脫里阿西台里
Methylamine, 迷以脫里阿美尼
Methylaniline, 迷以脫里阿尼里尼
Methylated spirit, 迷以脫里醇
Methyle, 迷以脫里
,, caproyle, 迷以脫里加布路以里
,, iodide, 迷以脫里碘

Matches cupyrion, 由比里恩自來火
,, lucifer, 平常自來火
,, safety, 惟匣邊擦着之自來火
,, vesta, 蠟條自來火
Matt, 化礦所得粗銅
Matter, 質體
Mauve, 慕甫
Mauveine, 慕甫以尼
Meadow-sweet oil, 司配里耶油
Meal powder, 火藥粉
Meconic acid, 迷故尼克酸
Meerschaum, 美耳東末石
Meconidin, 迷故尼弟阿
Meconine, 迷故尼尼
Megabromite, 迷加溴銀礦
Melaphyr, 迷辣弗耳
Meionite, 末由內得
Melam, 迷拉阿美
Melaniline, 密辣阿尼里尼
Mellone, 迷路尼 邸炭三淡四
黃色粉
Melissine, 密里細尼
Melissic acid, 密里西尼克酸
,, alcohol, 密里西尼克醇
Melissine, 密里西尼
Melissyle, 密里賽里
Menachanite, 迷勒根內得
Mendipite, 門弟配得
Menthol, 面替哇里
Menthene, 面替尼
Mercaptan, 末面卡波旦
Mercaptide of mercury 汞末面卡波旦
Merchant bar iron, 平常出賣之鐵條
Mercuramine, 汞阿美尼
Mercuric ethide, 汞以脫愛特
,, iodide, 汞碘
,, methide, 汞迷以脫愛特
,, nitrate, 汞養淡養五
,, sulphate, 汞養硫養三
Mercuricum, 汞
Mercurosum, 汞
Mercurous iodide, 汞二碘
,, nitrate, 汞二養淡養五
,, sulphate, 汞二養硫養三
Mercury, 汞
,, ammoniated oxide, 四汞養淡輕二
,, ammoniated subchloride, 汞綠三淡輕四綠
,, bichloride, 汞綠二

Molybdenum oxide, 鉬養
" sulphide, 鉬硫
Molybdenite, 鉬硫二礦
Molybdic acid, 鉬養三
" acid dialysed 通膜之鉬養三
" ochre, 粗鉬養三礦 即鉬養三黃土
Monacetene, 一阿西低尼
Monacite, 麻那歲得 即獨居石
Mona copper, 麻那銅
Monad elements, 一質點之原質
Monamines, 一阿美尼類
Monatomic elements, 一質點之原質
Monkshood, 烏頭
Monobasic acids, 一本之配質
Monophosphamide, 一燐阿美弟
Monostearine, 一司替阿里尼
Monradite, 們拉台得
Mordants, 染布濟料
Morine, 摩里尼
Moringic acid, 摩令記克酸
Moritannic acid, 摩里鞣尼克酸
Morocco leather, 摩洛哥皮
Morphine, 莫爾非尼
" hydrochlorate 莫爾非尼輕綠
Mortar for building, 灰
Mosaic gold, 錫硫二粉 即摩西金
Mountain ash berries, 山楂樹子
Mucic acid, 茨苷克酸
Mucilage, 植物膠
Mucus, 慕古司
Mulberry calculus, 桑樣形石淋
Mundic, 們的礦 即鐵硫二礦
Muntz metal, 們子氏銅
Murexide, 慕里格達得
Muriate of morphia, 莫爾非阿輕綠
Muriatic acid, 輕綠
Muscle, 精肉
Mushrooms, 蕈
Mussite, 麥達得
Mustard, 芥
Mycose, 美哥司
Myricine, 美里西尼
Myristic acid, 美里司低克酸
Myronic acid, 美洛尼克酸
Myrosine, 美洛西尼
Myrrh, 沒藥
Nacrite, 那格來得
Naples yellow, 那普里黃料 即銻養三鉛養

Methyle oxide, 迷以脫里養
" phenylamine, 迷以脫里非尼里阿美尼
" salicylate, 迷以脫里薩里西里克
" theobromine, 迷以脫里替哇布路迷尼
" valeryle, 迷以脫里發里來里
Methylene, 迷以脫里尼
Methylethylamine, 迷以脫里以脫里阿美尼
Methylethylamylophenylium hydrate, 迷以脫里以脫里阿埋里非尼里輕養
Methylethylaniline, 迷以脫里以脫里阿尼里尼
Methylethylic ether, 迷以脫里以脫里克以脫
Methylmorphlammonium hydrate of, 迷以脫里莫爾非尼淡輕養輕養
Methylic acetate, 迷以脫里克醋酸
" alcohol, 迷以脫里克醇
" formiate, 迷以脫里克羅耳密克
" hydrate, 迷以脫里克輕養
Miargyrite, 迷埃兒奇來得 即銀少礦
Mica, 千層石 雲母石
Microbromite, 美格路溴銀礦
Microcosmic salt, 腦中之鹽
Mild alkali, 輭性鹼類
Milk, 乳
Mill cake, 碾成之藥餅
Millerite, 迷勒來得 即毛形鎳礦
Millstone grit, 粗磨石
Mimotannic acid, 迷母太尼克酸
Mine iron, 無渣滓之鐵
Mineral alkali, 金類鹼質
" green, 金類綠
" silicates, 金類含矽養二質
" waters, 地產之水
" yellow, 金類黃
Minium, 鉛三養四
Mirbane, 迷耳貝尼
Mispickel, 迷斯必格勒礦
Moiré metallique, 錫面成顆粒形花紋
Molasses, 漿糖
Molybdate of lead, 鉛養鉬養三礦
Molybdena, 鉬養
Molybdenum, 鉬
" bisulphide, 鉬硫二
" blue oxide, 鉬養
" chloride, 鉬綠

Nitrogen binoxide,	淡養二
,, bisulphide,	淡硫二
,, bromide,	淡溴
,, chloride,	淡綠
,, iodide,	淡碘
,, oxide,	淡養
,, peroxide,	淡養四
,, protoxide,	淡養
Nitroglycerine,	淡養五各里司里尼
Nitrohippuric acid,	淡養五希布由里克
Nitromannite,	淡養五瑪內糖
Nitromuriatic acid,	合鹽水
Nitrophenisic acid,	淡養五非尼西克
Nitroprussides,	合養五淡養三鐵二之質
Nitrotoluole,	淡養五朵路阿里
Nitrous acid,	淡養三
,, acid commercial	常淡養三
Nitric ether,	硝以脫
,, oxide,	淡養二
Nitroxylole,	淡養五嚈路里
Noble metals,	貴金類
Nonmetallic elements,	非金類
Nordhausen oil of vtiriol	奴陀倍硫養三
Normal salt,	合法鹽類
Nosian,	奴西安石
Nuggets,	生成金塊
Nux vomica,	番木鼈 即馬錢
Oak bark,	橡樹皮
Obsidian,	哇步西弟恩石 即火山玻璃
Ochres,	紅土黃土之類
Oenanthene,	以雞弟尼
Oenanthic acid,	以雞弟克酸
,, alcohol,	以雞弟克醇
Oenanthole,	以雞拖哇里
Oil of spirea,	司配里耶油
,, vitriol,	硫養三
,, wine,	酒油
Oils,	油類
Olefiant gas,	烏利[illegible]
Olefines,	哇里非尼
Oleic acid,	哇里以克酸
Olein,	哇里以尼
Olibanum,	乳香
Oligonite iron,	哇里化司得鐵
Oligist iron ore,	鐵二養三洗特礦
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible] 即[illegible] 白[illegible]礦
[illegible]	白[illegible]石 即金色石

Naptha, coal	煤那普塔
,, wood	木那普塔
Napthalic acid,	那普塔里克酸
Napthaline,	那普塔里尼
,, chloride,	那普塔里尼綠
Narceia,	那而西以阿
Narceine,	那而西以尼
Narcotine,	那而科弟尼
Nardic acid,	那而弟克酸
Natrolite,	內特路來得
Natron,	內特命 即阿沃炭養二
Neilles acid of,	尋脑酸
Nickel,	鎳
,, arsenical,	含砷之鎳
,, arsenio-sulphide	鎳砷硫二
Nickel glance,	鎳古關司 即鎳二硫二砷
,, oxide,	鎳養
,, speiss glance,	鎳司丕司古關司 即鎳二銻礦
,, sulphate,	鎳養硫養三
,, sulphide,	鎳硫
Nickelkies,	鎳關司
Nicotine,	尼古丁尼
Nil album,	鋅養飛花
Niobic acid,	鈮養二
Niobium,	鈮
Nitraniline,	淡養五阿尼里尼
Nitrate of potash,	鉀養淡養五
,, of silver,	銀養淡養五
,, of soda,	鈉養淡養五
Nitrates,	含淡養五之質
Nitre,	朴硝
,, cubic,	立方顆粒硝
,, heaps,	成硝之土堆
,, overfused,	鎔化過限之硝
Nitric acid,	淡養五
,, acid anhydrous,	無水淡養五
,, acid, fuming,	發烟淡養五
,, acid, hydrated,	含水淡養五
,, anhydride,	淡養三
,, ather,	淡養五以脫
,, oxide,	淡養二
,, peroxide,	淡養四
Nitrides,	含淡養三之質
Nitriles,	內特來里類
Nitrobenzoic acid,	淡養五福蘇以克
Nitrobenzole,	淡養五福蘇里
Nitrococcusic acid,	淡養五告故西克
Nitrogen,	淡氣

Ozone,	臭養氣亦名電臭氣
Ozonized air,	含臭養氣之空氣
Ozocerite,	哇蘇者得 即蠟臭石
Paint,	油色
Palladamine hydrochlorate,	鈀阿美尼輕綠
Palladium,	鈀
,, carbide,	鈀炭
,, chloride,	鈀綠
,, cyanide,	鈀衰
,, nitrate,	鈀養淡養五
,, oxide,	鈀養
Palm oil,	巴勒麻油
Palmitic acid,	巴勒麻的克酸
Palmitine,	巴勒麻的尼
Pancreatic juice,	甜肉汁 即膵汁
Pancreatine,	攀克里阿低尼
Papaverine,	拍拍甫里尼
Paper,	紙
Paracyanogen,	巴辣衰
Paraffine,	巴辣非尼
,, oil,	巴辣非尼油
Paraguay tea,	巴拉圭茶
Paramylene,	巴辣阿埋里尼
Paranaphthaline,	巴辣那咎塔里尼
Paraniline,	巴辣阿尼里尼
Paraoxybenzoic acid,	巴辣阿答西徧蘇以克酸
Parasorbic acid,	巴辣所皮克酸
Paratartaric acid,	巴辣果酸
Parchment,	寫字羊皮紙
Paris yellow,	巴里黃 即鉛綠七鉛養
Pargesite,	怕而其歲得
Parsley,	怕而司里
Patent yellow,	鉛綠七鉛養
Paviine,	巴非以尼
Pea iron ore,	豌豆形鐵礦
Pearl ash,	生鉀養炭養二
,, white,	鉍綠三二鉍養三
Pearlhardener,	結成鈣養硫養三
Pearls,	珍珠
Pearlspar,	珠色司巴耳 即珠色光石
Peas,	圓豆類
Peat,	比得 即土煤
,, bog,	爛比得之處
Pectic acid,	貝格的克酸
Pectine,	貝格的尼
Pectolite,	貝格士來得 即梳形石
Onions,	葱頭
,, oil of,	葱油
Onyx,	哇尼格斯石 即帝紋瑪瑙
Oolitic iron ore,	魚子形鐵礦
,, limestone,	魚子形灰石
Opal	哇巴勒石
Opium,	鴉片
Orange chrome,	二鉛養絡養三
Orcelne,	哇耳西以尼
Orcine,	哇耳西尼
Organo-metallic bodies	金類合生物之質
Oriental alabaster,	雜色阿拉巴司得
Orpiment red,	鉀硫二 即雄黃
,, yellow,	鉀硫三
Orsellic acid,	哇耳色里克酸
Orthite,	哇而台得 即直形粒石
Orthoclase,	哇而士格拉斯石 即正劈石
Orthophosphate,	含三輕養燐養五質
Orthophosphoric acid,	三輕養燐養五
Osmazome,	哇司瑪蘇密
Osmic acid,	銖養四
Osmiridium,	銖銥礦
Osmium,	銖
,, chloride,	銖綠
,, oxide,	銖養
,, tetrasulphide	銖硫四
Osseine,	哇西以尼
Oxalates,	含草酸質
Oxalethylic acid,	草酸以脫里克
Oxalic acid,	草酸 即阿格撒里克
,, ,, bibasic,	二本草酸
,, ,, ether,	草酸以脫
Oxalonitrile,	草酸以脫來里
Oxalovinic acid,	草酸費尼克
Oxalyle,	草酸阿來里
Oxamic acid,	哇格司阿美克酸
Oxamide,	哇格司阿美弟
Oxanilide,	草酸阿尼來弟
Oxides,	含養氣質
Oxybenzine,	阿咎西徧西尼
Oxygen,	養氣
Oxygenated water,	含養氣之水
Oxygenized muriatic acid,	含養氣之輕綠
Oxylinoleic acid,	阿客西利尼哇里以克酸
Oxymuriatic acid,	輕綠

Phenylamiline,	非尼里阿尼里尼
Phenyle,	非尼里
Phenyle hydrate,	非尼里輕養
,, ,, oxide,	非尼里養輕養
Phenylene diamine,	非尼里尼二阿美尼
Phenylene-ditolylene-triamine,	非尼里尼二朵路以
Phenylene-ditolylene-triethyl-triamine.	非尼里尼里尼二阿美朵路以三
	非尼里尼里尼三脫里路以三
Phenyle-ditolylene-triphenyl-triamine,	非尼里阿尼里尼美里尼三尼二朵路以三
	非尼里阿美尼三尼二非尼
Phenylic hydride,	非尼里克輕養
Philosopher's wool,	鋅養飛花
Phlogiston,	火氣
Phloral,	夫路拉勒
Phloretine,	夫路力低尼
Phloridzeine,	夫路力得西以尼
Phloridzine,	夫路力得西尼
Phocenine,	夫雪尼尼
Phonolite,	夫奴來得 即響石
	即響璧石
Phosgene gas,	炭二養二綠
Phospham,	燐阿美 即淡二輕燐
Phosphamic acid,	燐阿美克酸
Phosphates,	以燐養五配之質
Phosphethylic acid,	燐以脫里克酸
Phosphides,	含燐之質
Phosphite,	含燐養三之質
Phosphodiamide,	燐二阿美弟
Phosphoglyceric acid,	燐各里司里克酸
Phosphomolybdate of ammonia,	鉬養三淡輕五養燐養五
Phosphorescence,	發光似燐
Phosphoric acid,	燐養五
,, ,, dihydrate	燐養五二輕養
,, ,, glacial,	冰形燐養五
,, ,, hydrated,	燐養五輕養
,, ,, monobasic	一本之燐養五
,, ,, monohydrated,	燐養五輕養
,, ,, tribasic,	三本之燐養五
,, ,, trihydrated	三輕養燐養五
,, anhydride,	燐養五
,, ether,,	燐養五以脫
Phosphorised oil,	含燐之油
Phosphonite,	發司甫來得
Phosphorous	燐
,, acid,	燐養三

Pectose,	貝格士司
Pectosic acid,	貝格士司克酸
Pelargonic acid,	比拉而各尼克酸
Pelopium,	鈹
Pentathionic acid,	五特哇尼克酸
Penthylene-triethyl-tetrammonium-hydrated oxide,	五以脫里尼三以脫里四淡輕五輕養
Pepper, oil of,	胡椒油
Peppermint, oil of,	薄荷油
Pepsine,	伯布西尼
Perchlorates,	含多分劑綠養五之質 即綠養七鹽類
Perchloric acid,	綠養七
,, ,, hydrated,	綠養七輕養
,, ether,	綠養七以脫
Perchloro-kinone,	綠養七幾奴尼
Perchromic acid,	鉻養三
Percussion cap composition,	銅帽藥
Perfume ether,	香以脫類
Perielase,	派利可賴斯石 即圍劈石
Pericline,	派利可里尼石
Periodate,	含碘養七之質
Periodic acid,	碘養七
Permanent gas,	不變之氣質
,, ink,	不退色之墨
,, white,	不退色之白 即鋇養硫養四俗名恆白
Permanganate of potash	鉀養錳二養七
Permanganates,	含錳二養七之質
Permanganic acid,	錳二養七
Peroxides,	含多養氣之質
Peruvian bark,	金雞那皮
,, saltpetre,	秘魯國硝
Petalite,	比太來得 即劈成鏈形石
Petinine,	比的尼尼
Petroleum,	比得路里烏末 即輕石油
Peucyle,	比胡盖里
Pewter,	含鉛錫
Phenacite,	非那崴得 即騙人石
Phenic acid,	非尼克酸
Phenole,	非尼哇里
Phenose,	非尼阿司
Phenyl toluylamine,	非尼里朵路以里阿美尼
Phenylamine,	非尼里阿美尼

Platammonium hydrated oxide, 淡輕氫鉑養輕養
Platinum muriate, 鉑綠氯
Platinamine, 鉑阿美尼
Platinates, 鉑養鹽類
Plasma, 普拉司馬 即成形石
Platinised asbestos, 鍍鉑之不灰木
Platino-chloride of potassium, 鉀綠鉑綠氯
Platinoid metals, 似鉑之金類
Platinum, 鉑
" amalgam, 鉑汞膏
" ammonio-chloride, 淡輕氫綠鉑綠氯
" bichloride, 鉑綠氯
" black, 鉑黑粉
" fulminating, 鉑爆藥
" oxide, 鉑養
" protochloride 鉑綠
" spongy, 鉑絨
" sulphide, 鉑硫
" tetratomic, 三質點之鉑
Platosamine hydrate, 淡輕氫鉑輕養
" hydrochlorate, 淡輕氫鉑輕綠
" sulphate, 淡輕氫鉑輕養硫養氫
Platotriethyle arsonium chloride, 鉑三以脫里鉀綠
" phosphonium, 鉑三以脫里燐綠
" stibonium, 鉑三以脫里銻綠
Plumbago, 筆鉛
Plumbic acid, 鉛養氫
Poison nut, 番木鼈
Pollux, 布魯客斯
Polyammonias, 合多分鹵淡輕之質
Polyatomic alcohols, 多質點酒類
Polyhalite, 布里哈來得 即多鹽類石
Populine, 拍布里尼
Porcelain, 瓷器
Porphyry, 拍弗里石
Porter, 布面他而酒 即黑色苦酒
Portland cement, 水內變硬之巴得蘭特灰
" stone, 巴得蘭特石
Port wine, 布爾得酒
Potash albite, 鉀養阿蒲倍得
Potash, 鉀養
" antimoniate, 鉀養銻養
" arsenite, 鉀支鉀養

Phosphorus allotropic, 變形燐
" amorphous 變形燐
" bromide, 燐溴
" chloride, 燐綠
" cyanide, 燐菁
" iodide, 燐碘
" oxide, 燐養氫
" oxychloride 燐綠氫養氫
" pentachloride 燐綠
" suboxide, 燐養
" sulphide, 燐硫氫
" sulpho-chloride 燐綠氫硫氫
" ter-chloride 燐綠氫
" viscous, 膠形燐
" vitreous, 玻璃形燐
Phosphotriamide, 燐三阿美尼
Phosphovinic acid 燐費尼克酸
Phosphurets, 合燐之質
Phosphurretted hydrogen, 燐輕氫
Photographic baths, 照像浸水
Phthalic acid, 苯塔里克酸
Phyllocyanine, 非勒賽阿尼尼
Phylloxanthine, 非勒陸[illegible]尼
Physetoleic acid, 非司地里以克酸
Picamar, 抗客瑪爾
Picoline, 比哥里尼
Picric acid, 畢格里克酸
Picrotoxine, 巴格路托克西尼
Picrophyllic, 畢格路非來得
Pig iron, 豬鐵
Pimelic acid, 貝迷里克酸
Pimple metal, 泡面銅
Pine apple flavouring, 人造波羅密香料
Pinic acid, 比尼克酸
Pinite, 貝尼得
Pink salt, 淡紅色鹽 即淡紅綠素綠氫
Piedmontite, 比德門台石
Pipe clay, 白色石脂 即白色之泥
Piperine, 貝比里尼
Pit charcoal, 淡內炭之炭
Pitch, [illegible]
Pitch blende, [illegible]
Pittical, [illegible]
Plaster of Paris, 石膏
Plutarmo-ammonium hydrated oxide, [illegible]

Potassium ferricyanide 鉀二氰六鐵二
" ferrocyanide, 鉀二氰三鐵
" iodide, 鉀碘
" mercaptan, 鉀末而卡波旦
" pentasulphide, 鉀硫五
" peroxide, 鉀養二
" platinochloride, 鉀綠鉑綠二
" silico-fluoride, 鉀弗矽弗二
" sulpharsenite, 三鉀硫砷硫三
" sulphide, 鉀硫
" sulpho-cyanide, 鉀氰硫二
" tersulphide, 鉀硫三
" tetrasulphide, 鉀硫四
" valerianate, 鉀養養里里阿尼克
Potato spirit, 番薯酒
" starch, 番薯小粉
Press cake, 壓成火藥板
Preston salts, 普來司頓鹽 即二淡輕四養三炭養二
Prehnite, 普侖愛得
Promotheon light, 布路巷弟恩自來火
Proof spirit, 準酒
Propiony 布路比阿尼
Propionic acid, 布路比阿尼克酸
" aldehyde, 布路比阿尼克阿勒弟海特
Propionitrile, 布路比阿內特來里
Propionyle, 布路比阿內里
Propylamine, 布路比辣阿美尼
Propylene, 布路比里尼
Propylenic glycol, 布路比里尼各里各哇里
Propylic acid, 布路比里克酸
" alcohol. 布路比里克醇
Protocatechine acid, 簡加的主以克酸
Proteine, 布路的以尼
Protopia, 布路的鴉比阿
Prussian blue, 普魯士藍 即鐵四鐵三氰三
Proustite, 布老司台得 即淡紅色銀礦
Prussic acid, 輕氰
Pseudomorphine, 假莫爾非尼
Psilomelane. 西路密拉尼 即光滑黑錳礦
Pyaline, 台阿里尼
Puddled bar, 掉成之熟鐵條
" steel, 掉成之鋼
Pulvis fulminans, 爆藥
Pumice stone, 浮石

Potash aurate, 鉀養金養三
" biantimoniate, 鉀養二銻養五
" bichromate, 鉀養二炭養二
" bichromate, 鉀養二絡養二
" bimetantimoniate 鉀養輕養銻養五
" binoxalate, 鉀養二草酸
" bisulphate, 鉀養二硫養四
" bitartrate, 鉀養二果酸
" biurate, 鉀養二由里克酸
" bromate, 鉀溴
" carbonate, 鉀養炭養二
" caustic, 鉀養
" chlorate, 鉀養綠養五
" chromate, 鉀養絡養二
" cyanate, 鉀養氰養
" cyanurate, 鉀養二輕養氰三養三
" ferrate, 鉀養鐵養二
" fulminurate, 鉀養雷養二
" fused, 鎔過鉀養
" hydrate, 鉀養輕養
" hydriodate, 鉀養輕碘
" iodate, 鉀養碘養五
" isocyanurate, 鉀養氰三輕二養五
" manganate, 鉀養錳養二
" metantimoniate, 鉀養輕養銻養五
" metastannate, 鉀養錫五養十
" nitrate, 鉀養淡養五
" oleate, 鉀養哇里以克
" osmite, 鉀養鋨養
" perchlorate, 鉀養綠養五
" permanganate, 鉀養錳二養七
" plumbate, 鉀養鉛養
" prussiate, 鉀二氰三鐵
" quadroxalate, 鉀養四草酸
" red prussiate, 鉀三氰六鐵二
" sulphate, 鉀養硫養四
" tartrate, 二鉀養果酸
" terchromate, 鉀養三絡養三
" trithionate, 鉀養三替哇尼克
" urate, 鉀養由里克
Potassamide, 鉀養阿美弟
Potassium, 鉀
Potassium alcohol, 鉀醇
" amidide, 鉀阿美弟弟
" binoxide, 鉀養二
" bisulphide, 鉀硫二
" bromide, 鉀溴
" chloride, 鉀綠
" cyanide, 鉀氰
" ethyle, 鉀乙烈奧里

Quince seed, 木瓜子
Quinic acid, 雞那以克酸
Quinidine, 雞那以弟尼
Quinine, 雞那以尼
" amorphous, 變形雞那以尼 即不成顆粒者
" hydrochlorate 雞那以尼輕綠
" sulphate, 雞那以尼硫養三
Quinoidene, 雞那阿以弟尼
Quinoline, 雞那阿里尼
Quinotannic acid, 雞那歎尼克酸
Racemic acid, 拉西密克酸
Radicals, alcool, 酩本質
" negative, 負電性本質
" polyatomic, 多質點本質
" positive, 正電性本質
Radishes, 蘿蔔類
Raisins, 乾葡萄
Rancid oil, 變壞酒
Rangoon tar, 藍乃古捺油
Raphides, 拉非弟士 即鈣養草酸顆粒質
Ratholite, 拉士來得
Realgar, 雄黃 即砷硫二礦
Reaumur's porcelain, 六瓶氏瓷 即不透光玻璃
Red copperas, 銅二養 即紅色銅礦
Reddle, 紅石粉
Red lead, 鉛三養四
" " ore, 鉛養鉻養三礦
" ochre, 輭鐵二養三礦
" orpiment, 鉀硫二
" precipitate, 汞養 即三仙丹
" short iron, 紅鐵
" silver ore, 三銀硫鉀硫二 即紅色銀礦
" sulphide of antimony, 銻養三二銻硫三
Redruthite, 來特路台得
Regulus, 純金類
" of antimony, 純銻
Rennet, 連尼德 即小牛胃汁
Resin, white, 白松香
" yellow, 黃松香
Resins, 松香類
Resists, 令布不收染色之料
Rhodium, 鍾
" oxide, 鍾養
" sesquichloride, 淥二綠三
" sodiochloride, 鍾養納綠

Purbeck stone, 白爾比格石
Purple of Cassius, 金養馬養二錫養錫, 養二 即紅玻璃料
Purpurates, 不而不而以克鹽類
Purpuric acid, 不而不而以克酸
Putty powder 錫二養四 即磨光粉質之粉
Pyrene, 貝里尼
Pyridine, 貝里弟尼
Pyrites, 貝里底司
" arsenical 鐵硫二鐵砷礦
" capillary, 毛形鐵硫二礦
" efflorescent 鐵硫二面生白霜形礦
" Fahlun, 法倫鐵硫二礦
" white, 白色鐵硫二礦
Pyrocatechine, 貝路加的主以尼
Pyrogallic acid, 貝路加里克酸
Pyrogalline, 貝路加里尼
Pyroligneous acid, 木醋酸
Pyroacetic spirit, 貝路阿西的克醋
Pyroargyrite, 貝路阿乾來得
Pyroguaicine, 貝路古阿以西尼
Pyroligneous ether, 木醋酸以脫
Pyrolusite, 貝路羅歲得 又名火洗礦 即錳養二礦
Pyrotneconic acid, 貝路迷故尼克酸
Pyromorphite, 貝路莫非得 又名火變形石 即綠色鉛礦含燐酸
Pyromucic acid, 貝路茂昔克酸
Pyrophoric iron, 自燃鐵粉
Pyrophorus lead, 自燃鉛粉
Pyrophosphates, 以二輕養燐養五為配之質
Pyrophosphoric acid, 二輕養燐養五
Pyroterebic acid, 貝路特里比克酸
Pyroxanthine, 貝路散的尼
Pyroxene, 貝路落客西尼
Pyroxylic spirit, 貝路阿客西里克醋
Pyroxyline, 貝路阿客西里尼
Pyrrhotine, 比耳阿蒼尼
Quadrequivalent elements, 四分劑原質
Quartz, 石英
Quercetine, 苦耳西低尼
Quercitannic acid, 苦耳西歎尼克酸
Quercitrine, 苦耳西特里尼
Quercitron, 苦耳西特倫
Quick lime, 生石灰
Quicksilver, 汞

Sahlite,	薩來得
Sago,	莎木澱　即西穀米
Salad oil,	橄欖油
Sal alembroth,	汞綠三淡輕綠養
„ ammoniac,	淡輕綠
„ gem,	立方形明食鹽
„ polychrest,	鉀養硫養
„ prunelle,	鎔過之鉀養淡養
„ volatile,	淡輕養香酒
Saleratus,	鉀養二炭養
Salicine,	薩里西尼
Salicyle,	薩里西里
„ hydrated oxide,	薩里西里養輕養
„ hydruret,	薩里西里輕
Salicylic, acid,	薩里西里克酸
Salicyligenic acid,	薩里西里治尼克酸
Saligenine,	薩里治尼尼
Saline waters,	含鹽類之水
Salireting,	薩里里低尼
Saliva,	口涎
Salt cake,	鹽餅　即取鈉養炭養先成之料
„ of lemon,	檸檬鹽
„ of sorrel,	草鹽
„ of tartar,	果酸鹽
„ petre,	硝
„ radicals,	鹽類本質
Salts acid,	酸性鹽類
„ haloid,	弗綠碘溴各鹽類
„ neutral,	中立性鹽類
„ oxyacid,	養氣配質之鹽類
Samarskite,	撒麻斯蓋得
Sanadine felspar,	散那他納非勒詞巴耳
Sand,	砂
„ stone,	砂石
Sandarach,	散達拉格
Sandstone, Craigleith,	苦來軋里得砂石
Sapogenine,	薩布治尼尼
Saponine,	薩布尼尼
Sapphire,	撒非耳　即藍寶石
Sarcosine,	薩而霞西尼
Saturated solutions,	飽足之水
Savin,	薩肥那
Saxon sulphuric acid,	撒克司尼硫養
Saxony blue,	撒克司尼藍　即靛藍
Scaghola,	假紋理石
Scammony,	司卡蕚尼
Scheele's green,	西里氏綠
„ prussic acid,	西里氏輕炭
Scheelite,	西里愛得
Rhodium sulphide,	錸硫
Rhodochrosite,	路度格路歲得
Rhodonite,	路度內得　即玫瑰紅錳礦
Rhubarb esculent,	羅巴伯菜
„ medicinal,	大黃
Richterite,	立虛特來得
Ricinoleic acid,	利西尼哇里以克酸
Rinman's green.	林曼氏綠色料
Rochelle salt,	路式里鹽
Rock crystal,	水晶
„ oil,	石油
„ salt,	石鹽
„ soap,	石肥皂
Roman cement,	水內變硬之羅馬灰
Rosaniline.	羅殺阿尼里尼
acetate,	羅殺阿尼里尼醋酸
triethylic,	羅殺阿尼里尼三以脫里克
triphenylic,	羅殺阿尼里尼三非尼里克
Rosemary,	路士馬里
Rosette copper,	紅圓板銅
Rosiclers,	路西可勒礦　即紅色銀礦
Rosin,	松香
„ soap,	松香肥皂
Rosolic acid,	羅殺里克酸
Rotten stone,	腐石
Rubian,	羅被安
Rubidia,	鉚養
Rubidium,	鉚
„ platino-chloride	鉚養鉑綠
Ruby,	明紅寶石
„ glass,	明紅玻璃
Rue, oil of,	而烏草油
Rufigallic acid,	路非加里克酸
Rum,	勒本酒
Rupert's drops,	玻璃自裂之滴
Rust,	鏽
Ruthenic acid,	釘養
Ruthenium,	釘
Rutic acid,	如弟克酸
Rutic alcohol,	如弟克醇
Rutile,	魯的里　即鐵養二礦
Rye,	麥麥
Saccharide;	薩卡來德
Saccharine matter,	糖類之質
Safflower,	紅藍花
Saffron,	番紅花

Silicium, 矽
" ethyle, 矽以脫里
" methyle, 矽迷以脫里
Silicofluoric acid, 輕兆矽弗二
Silicon, 矽
" amorphous, 變形矽
" bisulphide, 矽硫二
" chloride, 矽綠
" diamond, 矽成之金剛石
" fluoride, 矽弗二
" graphitoid, 筆鉛形矽
" hydride, 輕矽
Silicone, 夕里尚尼
Silver, 銀
" amalgan, 銀汞膏
" arsenite, 銀養鉀養五
" periodate basic, 銀碘二
" bromide, 銀溴
" chloride, 銀綠
" fulminate, 銀爆藥
" glance, 光色銀礦
" hyposulphite, 銀養硫二養二
" hyposulphate, 銀養硫二養五
" iodide, 銀碘
" metaphosphate, 銀養輕養淡養五
" native, 自然銀
" nitrate, 銀養淡養五
" nitride, 銀淡
" ore red, 紅銀礦
" oxalate, 銀養草酸
" oxide, 銀養
" pyrophosphate, 銀養二輕養燐養五
" solder, 銀銲料
" standard, 準銀
" subchloride, 銀二綠
" sulphide, 銀硫
" triphosphate, 銀養三燐養五
Sinapisin, 西那比西尼
Size, 稀膠
Slag, 金銀渣滓
Slaked lime, 熟石灰
Slate, 端石
Slow portfire, 引火硝紙
Smalt, 司莫得 即玻璃藍色料
Smelling salts, 二淡輕四養三炭養二
Smithsonite, 斯密孫奈得 即電性鋅養炭養二礦
Soap arsenical, 含鉀肥皂
" Castile, 加司的里肥皂

Schist, 喜司得 即頁形石
Schlippe's salt, 司里伯氏鹽
Schorl, 舍耳勒石
Scorodite, 司可露台得 即蒜臭石
Scotch pebbles, 蘇格蘭晶
Scott's cement, 水內變硬之司格特氏灰
Sea water, 海水
" weed, 海草
Seal oil, 海狗油
Sebacic acid, 西巴西克酸
Sedative salt, 安胃之鹽
Sel d'or, 鈉養合金養硫二養之質
Selenic acid, 硒養三
Selenides, 含硒之質
Selenietted hydrogen, 輕硒
Selenious acid, 硒養二
Selenite, 賽里內得 即透明石膏
Selenium, 硒
" chloride, 硒綠
" sulphide, 硒硫
Seltzer water, 歲勒察水
Senarmontite, 須那而孟台得
Sericine, 絲里西尼
Serpentine, 賽奔弟尼石 即蛇色紋石
Serum, 血內黃流質
Shale, 舍乾石 即泥板石
Shear steel, 剪鋼
Shell-lac, 舍來格
Sherry, 舍利酒
Shot, 砲彈 鉛沙
Sicilian sulphur, 西西里硫
Sienna, 細恩那土
Signal light composition, 號火料
Silica, 矽養二
" amorphous, 變形矽養二
Silicate of alumina and soda, 鈉養硫二養三矽養二
" of soda, 鈉養矽養二
Silicated soap, 含矽養二之肥皂
Silicates, 含矽養二之質
Silicic acid, 矽養二
" hydrated, 矽養二輕養
" ether, 矽養二以脫
Silicide of magnesium, 鎂矽

Soda water, 鈉養荷蘭水
Sodacetic ether, 鈉養醋酸以脫
Sodamide, 鈉養阿美弟
Sodium, 鈉
„ alcohol, 鈉醇
„ amalgam, 鈉汞膏
„ auro-chloride, 鈉綠金綠三
„ chloride 鈉綠 即食鹽
„ ethyle, 鈉以脫里
„ fluoride, 鈉弗
„ glycol, 鈉各里各哇里
„ nitroprusside, 鈉二養 淡五養三鐵二
„ pentasulphide, 鈉硫五
„ platinochloride, 鈉綠鉑綠二
„ silicofluoride, 鈉弗矽弗二
„ sulphantimoniate 三鈉硫銻硫五
„ sulpharseniate, 三鈉硫砷硫五
„ sulpharsenite, 鈉養砷硫三
„ sulphostannate, 二鈉硫錫硫二
Soffioni, 地噴硇養三汽
Soft soap, 鉀養肥皂
Solanine, 蘇辣尼尼
Solder, 銲金類料
Soluble glass, 流質玻璃
Soot, 炱
Sorbic acid, 所皮克酸
Sorrel salt of, 所而曷辣鹽 草酸俗名
Sparkling wines, 發泡之酒類
Sparry iron ore, 鐵養炭養二礦
Sparteine, 司巴低以尼
Spathic iron ore, 司巴的格鐵礦
Specular iron ore, 鏡格鐵礦
Speculum metal, 鏡銅
Speiss, 司貝斯 即鎳礦得含銅料
Spelter, 生鋅
Spermaceti 司巴瑪息的
Sperm oil, 司巴瑪油 即鯨魚腦中之油
Sphene, 司非尼 即劈形礦
Spiegel eisen, 含錳鐵礦
Spinelle, 司批內勒石 即寶石
Spirit methylated, 含迷以脫里蒸輕級
„ of salt, 酒醋
„ of wine, 酒醋
„ of turpentine, 松香酒醋
Spodumene, 司布佗迷尼 即火變灰色石
Sponge, 海絨

„ glycerine, 各里西里尼肥皂
„ mottled, 花皮肥皂
„ nut, 皂夾子
„ stone, 肥皂石
„ transparent, 明肥皂
„ wort, 皂草
„ yellow, 黃肥皂 即松香肥皂
Soda, 鈉養
„ acid pyrophosphate, 酸性二鈉養燐養五
„ aluminate, 鈉養鋁二養三
„ arseniate, 鈉養砷養五
„ ash, 粗鈉養炭養二
„ biborate, 鈉養二硼養三
„ bicarbonate, 鈉養二炭養二
„ bimetantimoniate, 鈉養輕養銻養五
„ bisulphate, 鈉養二硫養三
„ bitungstate 鈉養二鎢養三
„ carbonate, 鈉養炭養二
„ caustic, 鈉養輕養
„ chloride, 鈉綠
„ glycocholate, 鈉養各里各可里克
„ hydrate, 鈉養輕養
„ hypochlorite, 鈉養綠二養二
„ hypophosphite, 鈉養燐二養三
„ hyposulphite, 鈉養硫二養二
„ lime, 鈣養輕養合鈉養輕養
„ lye, 鈉養輕養水
„ manganate, 鈉養錳養二
„ metaphosphate, 鈉養燐養五
„ naphthylsulphite 鈉養那普台里硫養二
„ nitrate. 鈉養淡養五
„ oleate, 鈉養哇里以克
„ palmitate, 鈉養巴勒麻的克
„ phosphate, 鈉養燐養五
„ phosphite, 鈉養燐養三
„ platinate, 鈉養鉑養二
„ pyrophosphate, 二鈉養燐養五
„ silicate, 鈉養矽養二
„ stannate, 鈉養錫養二
„ stearate, 鈉養司替阿里克
„ subphosphate, 二鈉養燐養五
„ sulphate, 鈉養硫養三
„ sulphite, 鈉養硫養三
„ sulphoxy phosphate, 三鈉養燐養三硫二十四輕養
„ taurocholate, 鈉養托而可以克
„ tetrathionite, 鈉養硫三養五
„ tungstate, 鈉養鎢養三
„ urate, 鈉養由里克

Strontia carbonate,	總碳炭養二
„ nitrate,	總養淡養二
„ sulphate,	總養硫養二
Strontianite,	總礦 即含炭養二礦
Strontium,	總
Strontium sulphide,	總硫
Struvite,	司特路非得
Strychnine,	司脫立格尼尼
Stucco,	司得苟
Styracine,	司士拉西尼
Styrole,	司士拉哇里
Styrone,	司士拉哇尼
Suberic acid,	蘇毗里克酸
Sublimate, corrosive,	汞流二
Substitution products,	替代法變成之質
Succinic acid,	琥格西尼克酸
Sucrose,	蘇格羅司
Suet,	生牛羊等定質油
Sugar, beet root,	胡蘿蔔糖
„ candy,	冰糖
„ cane,	甘蔗
„ flesh,	肉糖
„ fruit,	果糖
„ grape,	葡萄糖
„ lime,	含鈣養糖
„ loaf,	塔塔
„ maple,	楓樹糖
„ manna,	瑪內糖
„ milk,	乳糖
Sulphamylic acid,	硫阿埋里克酸
Sulphantimoniate,	含銻硫三合鹽類與硫之質
Sulphantimonite,	含銻硫三合鹽類與硫之質
Sulpharsenic acid,	鉀硫五
Sulpharsenious acid,	鉀硫三
Sulphate of soda and lime,	鈉養鈣養硫養三
Sulphates,	含硫養三質
Sulphethylic acid,	含硫之質
Sulphides,	含硫質
Sulphindigotic acid,	硫養三靛
Sulphindylic acid,	硫養三奄的里克酸
Sulphites,	硫養二鹽類
Sulphobenzolic acid,	硫養三福森里克酸
Sulphocarbolates,	硫養三加波力克鹽類
Sulphocarbonates,	硫合炭養二之鹽類
Sulphocarbonic acid,	硫養炭養二
Sulphocyanide of ammonium,	淡輕三輕蓋硫二

Spong o-piline,	象皮面絨毯
Spongy platinum,	鉑絨
Stalactites,	上成石鍾乳
Stalagmites,	下成石鍾乳
Stannates,	含錫養二質
Stannic acid,	錫養二
„ chloride,	錫綠二
„ oxide,	錫養二
„ sulphide,	錫硫二
Stannine,	司塔尼尼
Star antimony,	星形面銻
Stannous chloride,	錫綠
„ oxide,	錫養
„ sulphide,	錫硫
Starch,	小粉
Staurolite,	司托路來得
Staurotide,	司托路台得 即十字形石
Steam,	汽
Stearic acid,	司替阿里克酸
„ glucose,	司替阿里克哥路哥司
Stearine,	司替阿里尼
Steatite,	司替阿台得 即肥皂石
Steel,	鋼
„ Bessemer's,	別色麻氏鋼
„ cast,	鑄鋼
„ blistered,	泡面鋼
„ Krupp's,	克虜伯氏鋼
„ mild,	軟性鋼
„ shear,	剪鋼
„ puddled,	掉鋼
„ tempered,	退火之鋼
„ titanic,	含鍇之鋼
Stereochromy	含玻璃釉色
Sterro-metal,	固鋼
Stibethyle,	銻以脫里
Stibio triethyle,	銻三以脫里
„ trimethyle,	銻三迷以脫里
Stibnite,	司弟伯奈得 即灰色銻礦
Stilbite,	司替勒倍得 即光亮石
Stockholm tar,	木黑油
Stone ware,	上釉之瓦器
Storax,	司士拉克司
Stout,	黑苦酒
Stannic tin,	彩加錫
Strassfurthite,	斯太司富太德
Stream tin ore,	河底聚之錫礦

Sympathetic ink,	冷隱墨
Symplesite,	辛布勒賽得
Synaptase,	西那普太西
Tagalite,	太加來得
Talc,	託格石　即肥皂石
Tallow,	化過牛羊油
Tallow-tree,	柏樹
Tank waste,	成鈉養炭養二工內所得餘廢料
Tannic acid,	歎尼克酸
Tannin,	歎尼尼　即樹皮質
Tantalic acid,	鉭養二
Tantalite,	鉭礦　即旦大來得
Tantalum,	鉭
Tap cinder,	成熟鐵工內所得渣滓
Tapioca,	打比夏格
Tar charcoal	他爾炭
Tar, coal,	煤他爾
,, wood,	木他爾
Tarragon,	太拉艮
Tartar,	鉀養二果酸 即打打
,, salt of,	果酸鹽
,, emetic,	打打伊密的　即鉀銻養果酸
Tartaric acid,	果酸　即打打里克
,, anhydride,	無水果酸
Tartrate of potash and soda,	鉀養鈉養果酸
Taurine,	托而以尼
Taurocholalic acid,	托而阿可路里克酸
Taurocholic acid,	托而可以克酸
Tellurretted hydrogen	輕碲
Telluric acid,	碲養三
Telluride of bismuth,	鉍碲
,, of potassium,	鉀碲
Tellurium,	碲
,, foliated,	頁形碲
,, graphic,	爭鉛形碲
,, sulphide,	碲硫
Tellurous acid,	碲養三
Tendons,	筋
Tennantite,	特難台得
Tenorite,	低奴來得
Tephroite,	低夫羅愛得　即灰色石
Terbium,	鋱
Terebene,	戴里比尼
Terebenic acid	戴里比里尼
Tetrad and	三分劑之原質
Tetrequivalent elements	三分劑之原質
Terne plate,	鉛錫合鈴之鐵板

Sulphocyanogen,	硫硰二
Sulphoglycaric acid,	硫養三各里司里克酸
Sulpholeic acid,	硫養三哇里以克酸
Sulpho-palmitic acid,	硫養三巴勒麻的克酸
Sulphophenates,	硫養三非尼克鹽類
Sulphophenic acid,	硫養三非尼克酸
Sulphophosphotriamide	淡輕三輕硫燐硫二
Sulphosaccharic acid,	硫養三薩卡來克酸
Sulphostearic acid,	硫養三司替柯里克酸
Sulphovinic acid,	硫養三費尼克酸
Sulphoxyphosphoric acid,	燐養三硫二
Sulphur,	硫
,, amorphous,	無顆粒形硫
,, chloride,	硫綠
,, dichloride,	硫綠二
,, dimorphous,	二形顆粒硫
,, flowers of,	蒸硫粉
,, iodide,	硫碘
,, milk of,	結成白硫
,, oxide,	硫養
,, roll,	硫條
,, sublimed,	蒸過之硫
,, subiodide,	硫二碘
Sulphureous waters,	含硫之水
Sulphuretted hydrogen	輕硫
Sulphuric acid,	硫養三
,, ,, fuming,	發霧之硫養三
,, ,, glacial,	冰形硫養三
,, ,, Nordhausen,	奴佗爾硫養三
Sulphuric ether,	硫養三以脫
Sulphurous acid	硫養二
,, anhydride,	無水硫養二
Sulphuryle,	硫養二
,, chloride of	硫養二綠
Sumach,	蘇瑪格　疑即烏桕
Superphosphate of lime	二鈣養三燐養三一輕養
Supersaturated solutions,	飽足有餘之水
Swedish iron ore,	瑞典之鐵礦
Sweet oil,	菜油
Sweet spirits of nitre,	甜以脫酒
Syenite,	象以內得
Syepoorite,	索以不而愛得
Sylvanite,	西勒法乃得　即金合金礦
Sylvic acid,	西勒非克酸
Sylvine,	西勒非尼石

Tin, 錫
" amalgam, 錫汞膏
" bichloride, 錫綠二
" binoxide, 錫養二
" bisulphide, 錫硫二
" foil, 錫箔
" nitride, 錫淡二
" nitromuriate, 錫綠二
" ore of Montebras, 滿低布勒錫礦
" plate, 馬口鐵
" protochloride, 錫綠
" protosulphide, 錫硫
" protoxide, 錫養
" pyrites, 錫硫二礦
" sesquioxide. 錫二養三
" stannate, 錫酸錫養
" stone, 錫養二礦
Tincal, 汀加勒 即生硼砂
Tin-white cobalt, 鈷紳二礦
Titanic acid, 鍇養二
" iron, 含鍇之鐵
Titanium, 鍇
" bichloride, 鍇綠二
" bisulphide, 鍇硫二
" cyanonitride, 鍇養三綠三淡二
Tin sesquichloride, 錫二綠三
" sesquioxide, 錫二養三
Toast, 烤饅頭
Tobacco, 煙葉
Tokay, 土該酒
Tolu balsam, 朵路波勒膠末
Toluic acid, 朵路以克酸
Toluidine, 朵路以弟尼
Toluole, 朵路阿里
Tolylene, 朵路以里尼
" diamine, 朵路以里尼二阿美尼
Topaz, 吐巴司石
Torbanite, 要而伯內得 即烟煤
Touch paper, 引火硝紙
" stone, 試金石
Tourmaline, 土耳末里尼石
Trachytic porphyry, 特拉紀得拍弗里石
Trap rock, 特拉伯石即級形石
Travertine, 特拉弗的尼石
Treacle, 漿糖
Tree wax, 蟲白蠟
Tremolite, 特里莫來得
Triacetine, 三阿西低尼
Triacid triamines, 三酸三阿美尼類
Triad elements 三質點之原質

Terpin, 脫爾比尼
Terpinole, 脫比奴里
Terstearine, 三司替阿里尼
Tesselite, 低西來得
Test papers, 試紙
Tetradymite, 低特拉代理得又名四角礦 即蒙蒂綜礦
Tetrad elements, 四分劑之原質
Tetrahedrite, 低特拉希特來得又名四面礦 即灰色銅礦
Tetramercuramonium oxide, 炎汞銨養
Tetramethylium hydrated oxide, 四迷以脫里養輕養
Tetramines, 四阿美尼類
Tetramylium hydrated oxide, 四阿理里養輕養
Tetrathionic acid, 四替哇尼克酸
Tetratomic elements, 四質點之原質
Tetrethylarsonium hydrate, 四以脫里鉀輕養
Tetrethylium hydrated oxide 四以脫里養輕養
Tetrethylium iodide, 四以脫里碘
Tetrethylphosphonium hydrate, 四以脫里磷輕養
Tetrethylstibonium hydrate, 四以脫里銻輕養
Tetrethylurea, 四以脫里由里阿
Thallium, 鉈
" alcohol, 鉈醇
Thebaine, 替巴以尼
Thebolactic acid, 替巴拉格的克酸
Theine, 替以尼
Thenard's blue, 替乃特氏藍料
Thenardite, 替乃待得
Theobromine, 替哇布路迷尼
Thionylo chloride of, 硫養綠
Thiosinnamine, 弟哇西那阿美尼
Thomaite, 朵馬愛得
Thorina, 釷養
Thorinum, 釷
Thorite, 土來得
Thrombolite, 特羅末波來得
Thulite, 吐來得
Thumite, 吐埋得 即斧形石
Thuringite, 吐林茄受得
Thyme, 太蘇草
Tile copper, 銅錠底之糟料
Tin ore, 紅耳色銅礦

Turpentine,	松香醋
Turquoise,	土而古陛斯石
Type metal,	作印字之鉛料
Tyrosine,	太路西尼
Ulmate of ammonia,	淡輕養烏勒迷克酸
Ulmic acid,	烏勒迷克酸
Ulmine,	烏勒迷尼
Ultramarine,	青金石粉
,, green,	綠金石粉
Umber burnt,	熟赭色土
,, raw,	生赭色土
Uniequivalent elements	一分劑之原質
Uranite,	由拉奈得 即鈾礦
Uran-ochre,	合鈾黃色土
Uranium,	鈾
,, oxide,	鈾養
,, protoesquioxide	鈾二養三
,, sesquioxide,	鈾三養二
,, sulphate,	鈾硫酸養三
Urea,	由里阿
,, nitrate	由里阿淡養五
Ureides,	由里以弟
Uric acid,	由里克酸 即尿酸
,, bibasic,	二本由里克酸
Urine,	尿
Urochloralic acid,	由里格羅拉勒酸
Uroxanthine,	由里阿格散的尼
Valentinite,	發侖弟內得
Valerian,	發里里阿尼
,, root,	發里里阿尼根
Valerianic acid,	發里里阿尼克酸
Valerane,	發里里以尼
Valerlactic acid,	發里路拉格的克酸
Valerone,	發里路尼
Valeryle,	發里來里
Vanadic acid,	釩養五
Vanadium,	釩
,, chloride,	釩綠
,, oxide,	釩養
,, sulphide,	釩硫
Varnishes,	漆類
Vegtable parchment,	植物明皮紙
Venetian red,	非尼司紅料
Venice turpentine,	非尼司松香油
Veratric acid,	非辣得里克酸
Veratrine,	非辣得里尼
Verdigris,	二銅養醋酸
Verdine,	勿弟毀藍
Vert-de-Guignet,	古韋尼氏綠色類
Vermilion,	汞硫 即銀朱

Triamines,	三阿美尼類
Triamylamine,	三阿厘里阿美尼
Triatomic elements,	三質點之原質
Tribasic phosphates,	三燐養五之鹽類
,, phosphoric acid	三燐養五
Tribenzoyl-phosphide,	三徧蘇愛里燐
Tribenzylamine,	三徧蘇愛里阿美尼
Triborethyle,	三鉀以脫里
Tricetylamine,	三西低里阿美尼
Trichloracetic acid,	三綠醋酸
Trichloraniline,	三綠阿尼里尼
Trichlorhydrine,	三綠海特里尼
of phenose	三綠海特里尼非尼阿司
Triethylamine,	三以脫里阿美尼
Triethylarsine,	三以脫里鉀
Triethylene-octethyl-tetrammonuim hydrated oxide,	三以脫里尼八以脫里四淡輕五養輕養
Triethlene tetralcohol,	三以脫里尼四醇
,, tetramine,	三以脫里尼四阿美尼
,, triamine,	三以脫里尼三阿美尼
,, phosphine,	三以脫里尼燐
,, stibine,	三以脫里尼銻
Trimethylamine,	三迷以脫里阿美尼
Trimethylarsine,	三迷以脫里阿鉀尼
Trinitro cellulose,	三淡養五寫留路司
,, cresylic acid,	三淡養五格里淡里克
,, phenic acid,	三淡養五非尼克
Triphane,	特里發尼石 即火變灰色石
Triple phosphate,	三燐養五之鹽類
Tripotassamide,	淡鉀三
Trithionic acid,	三替哇尼克酸 即硫三養五
Tungsten,	鎢 西名童斯敦
,, binoxide,	鎢養二
,, blue oxide,	藍鎢養二
,, chloride,	鎢綠
,, steel,	含鎢之鋼
,, sulphide,	鎢硫
Tungstic acid,	鎢養三
Turbith or turpeth mineral,	得必得 即汞養硫養三二輕養
Turkey red,	土耳其紅
Turmeric,	托末里客 即薑黃
Turnbull's blue,	特而捺布勒氏藍料 即鐵三二養三鐵
Turners yellow,	特那氏黃色料 即鉛綠七鉛養

Wool, 羊毛
Woorari, 烏拉里毒
Wormwood, 茵陳草
Wort, 發芽大麥流水
Wrought iron, 熟鐵
Xantheine, 散的以尼
Xanthogenamide, 散的陳阿美弟
Xanthine, 散的尼
Xylidine, 蔴里弟尼
Xyloidine, 蔴路以弟尼
Xylole, 蔴路里
Yeast, 酵
Yellow, chrome, 鉛養鉻養二
Yellow ochre 黃色土 即二鐵二養三輕養礦
Yellow orpiment, 鉀硫二 即雌黃
Yellow, Paris, 鉛綠七鉛養
Yttrium, 鈇
Yttrotantalite 鈇鉭礦
Zaffre, 薩弗耳 即鈷礦合沙燒成顏料
Zeolite, 西哇來得 即熱發沸石
Zinc, 鋅
Zincite, 辛蓋得
Zinc acetimide, 鋅阿西的美弟?
" alcohol, 鋅醇
" amalgam, 鋅汞膏
" amide, 鋅阿美弟
" amyle, 鋅阿埋里
" arsenide, 鋅鉀
" arsenite, 鋅養鉀發二
" carbonate, 鋅養炭養二
" chloride, 鋅綠
" ethyle, 鋅以脫里
" hyposulphite, 鋅養硫二養二
" methyle, 鋅迷以脫里
" nitride, 鋅淡
" oxide, 鋅養
" oximide, 鋅哇格司阿美弟
" phenylimide, 鋅非尼里衣美弟
" sulphate, 鋅養硫養
" sulphide, 鋅硫
" valerianate, 鋅發里里阿尼克
" white, 鋅養
Zircon, 柔告納石
Zirconite, 柔告內得
Zirconium, 鋯

Vesta matches, 瑪樣自來火
Vinegar, malt, 大麥醋
" white wine, 白酒醋
Vinic acid, 費尼克酸
Violane, 非哇蘭尼
Violet, 紫金花色 即麻花色
Vitelline, 非弟里尼 蛋白內物
Vivianite, 非非阿內得
Volcanic ammonia. 火山發之淡輕二
Vulcanised caoutchouc, 硫象皮
Vulcanite, 硫象皮
Wad, 華得 即筆鉛形鋅二
Wash leather, 擦皮
Water, hard, 濇水
" of crystallization 成顆粒之水
" soft, 澀水
Waterproof leather 不象皮料呢
" belt, 不象皮料氈
Waterspring, 地產之水
Wave 韋夫來得
Wax, bees, 蜜蠟
" Chinese, 蟲白蠟
Websterite, 韋步司太來得
Wernerite, 韋爾納來得
Welsh coal, 威勒士煤
Whale oil, 鯨魚油
Wheaten flour, 麥粉
Whey, 乳水
Whiskey, 灰司記酒
White gunpowder, 白火藥
" lead, 鉛養炭養二 即鉛粉
" lead ore, 鉛養炭養二礦 即白色鉛礦
" metal ore, 白色銅礦 即銅二硫
" precipitate, 淡輕二汞汞綠
" vitriol, 鋅養硫養二
Willemite, 韋勒迷得
Willow bark, 柳皮
Wines, ropy, 酒內己生膠質
Winter green oil, 各拉弟里阿油
Witherite, 韋特來得
Wolfram, 鎢 西名烏爾棘末
Wood naptha, 木那普塔
" smoke, 木烟
" spirit, 木醇
" tar, 木他爾
Woody fibre, 木紋質

電學綱目

目錄

第一章　論化電氣及發化電氣之器一款至七款
第二章　論電氣吸鐵氣要事八款至十八款
第三章　論電氣吸鐵機器十九款至二十一款
第四章　論吸鐵電氣性情二十二款至二十七款
第五章　論吸鐵力性情二十八款至三十六款
第六章　論銅絲圈之吸鐵氣及電氣吸鐵器之力三十七款至四十款
第七章　論電氣吸鐵器之遠近吸力及其平方比例數四十一款至四十七款
第八章　論平方比例外之新理第五十款至五十一款
第九章　論吸鐵推力并物質顆粒收吸鐵力五十二款至六十二款
第十章　論摩電氣與引推傳阻各事六十三款至七十二款
第十一章　論電氣爲何物并電氣流質之理七十三款至七十六款
第十二章　論附電氣及分電氣增電氣七十七款至八十四款
第十三章　論摩電氣與來頓瓶八十五款至八十九款
第十四章　論電氣流行之理九十款至九十三款
第十五章　論放電氣及雷電之理九十四款至一百二款
第十六章　論電氣濃淡及尖錐收放電氣之理一百三款至一百七款
第十七章　論化電氣與摩電氣關繫一百八款至一百十八款
第十八章　論通電氣之理及來頓瓶等流源一百十九款至一百二十四款

第十九章　論電報流源一百二十五款至一百三十九款

第二十章　論電纜試得各事一百四十款至一百五十六款

第二十一章　論測電氣阻力氣一百五十七款至一百六十八款

第二十二章　論亞麥所設之理及可羅繞司所設此理之據一百六十九款至一百八十七款

第二十三章　論發電氣筒內化學變化及電氣流行根源一百八十八款至二百七款

第二十四章　論在遠處用電氣成化學變化及用電氣化分各質之理二百八款至二百三十款

第二十五章　論量電氣器之法二百三十一款至二百三十三款

第二十六章　論電氣極點之理與烈他所設附電堆二百三十四款至二百四十八款

第二十七章　論法拉待電氣化分各質之理二百四十九款至二百五十九款

第二十八章　論電路中各處熱度二百六十款至二百六十六款

第二十九章　論電氣生熱與動力阻力之關係二百六十七款至二百七十三款

第三十章　論吸鐵電氣及附電氣二百七十四款至二百九十四款

第三十一章　論附電氣與吸鐵力線關係及吸鐵器令物轉動二百九十五款至三百三款

第三十二章　論月電氣三百四款至三百十四款

第三十三章　論放電氣時候久暫與電氣濃淡關係及增電氣器三百十五款至三百二十一款

第三十四章　論薄氣質與霧質內放電氣之事三百二十二款至三百三十一款

第三十五章　論薄氣質內放電氣與吸鐵氣所有變化三百三十二款至三百三十八款

第三十六章　論吸鐵電氣器與沙克司騰所設之器與西門司所設吸鐵攝器三百三十九款至三百四十四款

第三十七章　論微勒特所設之器三百四十五款至三百四十九款

第三十八章　論西門司與恒子登器三百五十款至三百五十三款

第三十九章　論來頓瓶之附電氣三百五十五款至三百五十七款

英國田大里輯　英國傅蘭雅口譯　臨海周郇筆述

第一章論化電氣及發化電氣之器

一款　如將淨鋅或淨鉑等同類金二片置淨水內添硫強水少許令水有酸性其鋅或鉑不能爲酸水所化

市售之鋅不淨因內含別金類則易爲酸水所化如以汞沁鋅令飽則亦不化此因鋅與汞所化者即從雜質分開故遇酸水而不化凡化電氣器內鋅板嘗用此法

二款　如將淨鋅與淨鉑等不同類金二片置酸水內不相切則不化一相切則鋅爲酸水所化而鉑片放氣泡上升至二金類相離而止

三款　如設法收所放氣驗之其重率與輕氣等空氣內能燃亦與輕氣同而成此輕氣之故因二金類相切則水化分其養氣與鋅化合成鋅養而輕氣從鉑片放散

四款　如將二種金類稍入酸水則不拘其相切於水內或水外俱能令水化分令鋅消化令輕氣放散

五款　如將二種金類稍露酸水上以銅絲等金類絲聯之則與二金類相切同故無論本體自相切或以金類絲相聯則俱成電路可見成電路必有二種金類質并一種流質若聯以銅絲則謂之配成電路

小試此事用鉑片一條沁汞之鋅一條并酸水盛平邊玻璃筒內以影戲燈之電火光等擴射之再用顯微鏡令玻璃筒內以影戲燈之電火光等擴射之再用顯微鏡令玻璃筒與二金類之影映牆壁上一通電路則鉑片放氣泡顯而易辨一斷電路則立止

六款　所用銅絲又謂之通電線因此爲成電路之線也西國亦名弗拉打電氣與電路此爲意大里亞國格致家弗拉打所設令所考求者不過爲配成電路之各種金類絲有何分別而已

七款　常用化電氣器用鋅板與鉑板各數片以淡強水令化電氣近來不問電器內事專考究器外金類絲各事

第二章論電氣吸鐵氣要事

八款　如斷電路之金類絲插入鐵屑內則毫不顯吸鐵力如通電路以金類絲插入鐵屑內則大顯吸鐵力其鐵屑團聚絲端即提其絲亦粘而不脫一斷電路則鐵屑即盡脫

九款　如將吸鐵條懸以線令易旋轉若指南針其兩端自向南北另於吸鐵條下平列金類絲一條兩端同向南北若金類絲不通電氣其吸鐵條毫不改向若金類絲聯於化電氣器一通電氣其吸鐵條立即改向不能正向南

北此爲電學家回司對特所考得

十欵　如以頗粗金類絲聯於鋅與銅當通電氣時視以目摩以手則毫不覺有異即與不通電氣同如不用粗銅絲而代以極細銅絲則通電氣時摩之則熱若電氣多視之則能發紅熱或白熱可見金類絲能生吸鐵力并能生熱是與不通電氣之金類絲有別此則因電氣變成之據

十一欵　如將金類絲繞鐵條多轉絲之兩端聯於電器一通電氣其金類絲所有之電力大半傳至鐵條則其鐵條亦歸電路內

十二欵　如將金類絲以綿線或絲線密紮之試以上法其金類絲之電力不能傳至鐵條是因綿線或絲線阻住電氣則其鐵條即歸電路外

十三欵　鐵條雖不歸電路內而爲金類絲所通之電氣大感動其金類絲每繞一周則鐵條內生若干吸鐵電力所以金類絲纏繞周數甚多則鐵條之吸鐵力必甚大此理爲格致家挨拉哥初查得後司脫陳依此理以製器

十四欵　此器謂之電氣吸鐵器因電氣一斷其吸鐵力即絕則與尋常吸鐵器不同蓋指南針等鋼器其吸鐵氣久存不散而此器電氣一斷其鐵仍與常鐵無異

十五欵　常用電氣吸鐵器其紮線之金類絲層層繞於木管謂之電氣吸鐵圈木管中之鐵條謂之電氣吸鐵圈之心其電氣吸鐵器或作直管或曲如馬掌鐵或作各便用之式俱可

十六欵　馬掌鐵形之吸鐵器用軟鐵條以接其兩端此鐵條謂之啣鐵又謂之副吸鐵又謂之次吸鐵

十七欵　鐵條與銅絲圈不必切近即如用木橢徑約三尺繞以紮絲線之銅絲再將鐵條橫安橢心一通電氣其鐵條亦有吸鐵性然鐵條與銅絲圈相距約一尺半其電力何以能從銅絲圈通至鐵條耶其從遠處越空而過抑或有空氣等質爲傳其力耶此事余尚未解近電學家設法推究亦未得可據之理

十八欵　如將紮絲線之銅絲繞鐵條此端鐵條收電力時而彼端能顯吸鐵之性若此端多繞銅絲一周則鐵條彼端吸鐵力亦增此端少繞銅絲一周則鐵條彼端吸鐵力亦減以此法加減電力與傳熱之理近似是即每多繞銅絲一周似鐵條每增熱一度每少繞銅絲一周似鐵條每減熱一度則其理亦明

第三章論電氣吸鐵機器

十九欵　如有管形之電氣吸鐵銅絲圈以鐵椎道銅絲圈口內少許一通電氣其銅絲圈即顯吸力吸鐵管入其

圈內有格致家彼智考此理以設電氣吸鐵機器
所用空心鐵椎其徑小於銅絲圈內徑易於吸入椎之端
稍入圈口內有法令通電氣電氣一通則鐵椎即吸入此
吸力可增大至能運動機器便於各工藝之用
二十款　又有電學家富羅門德藉電氣吸鐵器之鐵心
能吸別鐵條之力以運動輪機法用電氣吸鐵若干排成
圈周形令正負極點彼此相對另有橫鐵條聯於輪周能
為各極點所吸即能令其輪轉運不息凡通電氣則鐵條
受吸力而輪轉若干至極點而止暫斷電氣則鐵條能行
過極點而為下極點所吸至下極點亦復斷電氣一通一
斷其輪周之鐵條祇能前行不能為電氣吸鐵所反吸故
其輪能轉運不息
二十一款　有人設機器用電氣吸鐵力以代人工如能
起水鋸木打樁等事富羅門德所設小電氣吸鐵機器亦
能作起水打樁等事且可購置家中觀其法易明其理
第四章論吸鐵電氣性情
二十二款　凡忽通吸鐵電氣及忽斷吸鐵電氣時必能
發聲如以耳帖近電氣吸鐵器之鐵心則通電氣時聞喞喞
然一聲又斷電氣時亦然此為格致家彼智所設之器如
用簧椎通斷電氣置遠房內不能聞相擊之聲在本房內
則其喞喞之聲甚明即數百人無不共聞之
如將上等軟鐵若掉火鑪之桿通過電氣吸鐵圈其兩端
靠在空木盒則通斷電氣之聲甚明髣髴若音樂焉
二十三款　如將鐵條令變為吸鐵其體質不變而其形
狀已變所改變者即順吸鐵力之方向而引長此為電學
家朱勒所查得
二十四款　朱勒所設之法以長桿增其漲力用顯微鏡
令顯明近今常用之法用鐵條通入銅絲圈鐵條之端與
長桿之此端相接凡鐵條漲一分桿之彼端動五十分桿
之彼端能動一小迴光鏡令有光照此鏡而鏡之光迴照
白牆上成光圈故其鏡微動而牆上之光圈即大動此各
器整備後電氣一通鐵條變為吸鐵而漲漲時鐵條推其
桿桿推其鏡而鏡迴照牆上之光圈亦必動若干或動一
尺或尺餘不等電氣斷則光圈仍歸原
鐵質有吸鐵性時究為何故而漲亦難遽解必先將數要
事說明始能解此理
二十五款　如尋常吸鐵上安紙一張或玻璃一片以鐵
屑散鋪紙面或玻璃面則排列成線形花紋化學家法拉
待名此線為力線細看各力線則知每粒鐵屑順其長邊
排列成線而各細粒兩端之極點必彼此相接如將細鐵

條或細吸鐵針以線等懸鐵屑上亦順此各線之方向停而不轉

如將鐵屑或極細吸鐵置二塊玻璃片間軋緊用影戲燈之光照於四十尺遠墻上其所成力線放大顯明各形狀每一擊玻璃則改變而可觀即數百人亦能同時見之

二十六欵　鐵條可當爲無數極微質點因本粘力相合而成然各鐵點雖分仍能存其鐵點之原性如將鐵折斷細看剖面則能辨其顆粒形狀窺以顯微鏡可知其鐵爲亂形之微顆粒合成若通電氣令變爲吸鐵則每顆粒長邊欲順合吸鐵力之方向即從鐵桿之長邊以成其事故其鐵條因此微能引長而電氣一斷則仍復原形此爲電學家得拉理弗所說之理其說甚巧而可信

二十七欵　如將吸鐵礦即鐵養之細粉調以水置平邊之明玻璃筒內用紫絲線之銅絲繞之多次成圈筒後置鐙燭自筒前看筒內之水其火光不能透明電氣一通則火光透過最明電氣一斷其火光仍舊不明此爲何故是因水內吸鐵細粉各質點之長短邊錯亂無次故火光無隙可通電氣一通則各質點之長邊俱歸同向平列故火光易在空中射通其質點之各端亦彼此相吸成長線形與前所言鐵屑成力線同理此爲電學家古羅發所設如欲大試此事則用影戲鐙之光令射過玻璃筒照白牆上成光圈徑約二尺至三尺則電氣每通斷一次其光圈忽明忽暗

第五章論吸鐵力性情

二十八欵　如不明吸鐵力性情則難曉以下各章之說查吸鐵器或吸鐵針之力雖偏體有之卻有兩處之力比別處更大此兩處謂之吸鐵極點

二十九欵　地球爲大吸鐵器其力自然分布全體各處然有兩處之力最大者與南極北極畧相近謂之地球吸鐵南北極

三十欵　地球能感動吸鐵針之理因北極能推針之彼端而引此端又南極能推針之此端而引彼端所以吸鐵針能恆向南北如强轉令對別向一放鬆而仍歸南北故謂之指南針

三十一欵　指南針之兩極點及地球之兩極點之吸鐵氣不同性似爲歧生者

三十二欵　此兩種吸鐵氣彼此似不相愛故必相推所以此吸鐵器之北極推彼吸鐵器之北極而引其南極反之此吸鐵器之南極推彼吸鐵器之南極而引其北極此兩極亦謂之正負極又謂之陽陰極

三十三欵　吸鐵器或吸鐵針以線等懸之令其兩極點之直線與地球吸鐵經線不合則地球之吸鐵力即感動其針令旋轉至合地球吸鐵經線而止

三十四欵　吸鐵針與地球吸鐵經線相合則謂之成偶而成此偶之兩種吸鐵力相對而相等所以其針再不欲轉動而必與地球相平

三十五欵　其兩種力相等而相對彼此必相消而滅所以吸鐵針不但不能轉動亦不能移前移後故將吸鐵針浮水面或水銀面祇能轉動不能向南北而移

三十六欵　吸鐵條之此極遇吸鐵針亦能推彼端而引此端反之亦然但吸鐵條中有一處其吸鐵性不正不負不陰不陽而有中立性加將指南針安在此處則不引不推此處謂之吸鐵中道

第六章論銅絲圈之吸鐵氣及電氣吸鐵器之力

三十七欵　電氣吸鐵銅絲圈內雖不用鐵條為心亦與吸鐵同性而能引鐵其兩端亦為正負兩極點其中亦為吸鐵中道如圈內用鐵心通電氣時其吸鐵共力比不用鐵心之力增多倍

三十八欵　量吸鐵器之力用指南針試其能令針偏若干度其偏度之數愈多則其力愈大又此法能分試銅絲圈之力及銅鐵絲圈幷鐵心之力

三十九欵　如欲求其鐵心之吸鐵力必先求銅絲圈之力後求銅絲圈與鐵心之幷力兩力數相減則得鐵心之吸鐵力

四十欵　如鐵心大而為上等之熟鐵所成則鐵心之吸鐵力與銅絲圈之吸鐵力有比例如所用銅絲圈之力加一倍則鐵心吸鐵之力亦大一倍又如銅絲圈之力加二倍則鐵心吸鐵之力亦大二倍可見鐵心之吸鐵力視銅絲圈之力而變故可以任意加減其力

第七章論電氣吸鐵器之遠近吸力及其平方比例數

四十一欵　用上等熟鐵一條令與鐵心相近而不相切再以法令鐵心之吸鐵力加一倍則鐵條之吸力不但加一倍而加三倍又令鐵心之吸鐵力加二倍則鐵條之吸力不但加二倍而加八倍又令鐵心之吸鐵力加三倍則鐵條之吸力不但加三倍而加十五倍即所其有之力與原力之比有四或九或十六之比故可見其吸力不但與其原力有比例而與其原力自乘之力有比例是即與電氣吸鐵器之力有平方比例但此增力之事必詳究其故否則以下之說不能明故先將硬鋼與軟鐵二物之吸鐵

性相比

四十二款　軟鐵易收吸鐵氣但合收此氣之物一離而斷其吸鐵氣即滅反之鋼鐵難收吸鐵氣合收此氣之物一離而斷而吸鐵氣仍存鋼內不散

四十三款　鋼鐵雖收吸鐵氣而收後則不肯放則謂之强力此名目不甚妥切但電學家已慣用難改

四十四款　鋼鐵强收吸鐵力至飽無法能增其力後用電氣吸鐵器吸之其吸力不能與電氣吸鐵器之力有平方比例祇能有正比例

四十五款　淨鐵吸鐵力何以有平方比例乎其故因淨熟鐵之吸鐵力無常性而必與吸鐵器之力同增同減如令鐵心吸鐵力加一倍則相近之淨鐵吸鐵力亦加一倍如鐵心吸鐵力加二倍則淨鐵之吸鐵力亦加二倍求吸力數之法將鐵心之吸鐵力數與淨鐵之吸鐵力數相乘所得其數即前所說平方比例數也

四十六款　此理未甚明暢故設喻以顯之假如鐵心吸鐵全力爲許多微力由漸漸加入鐵心內所積而成如鐵心吸鐵氣初有一微力相近處之硬鋼亦有吸鐵氣一微力則其相吸其力爲二微力相乘之合數是以一微力乘一微力得其吸力爲一又如鐵心內增一微力其有二微力其硬鋼所存强力仍不變而所受鐵心之吸力爲二微力是以二微力乘一微力得其吸力爲二又如鐵心內再增一微力其有三微力則硬鋼所受鐵心之吸力亦爲三微力餘可類推

四十七款　假如鐵心仍有吸鐵氣一微力而相近處有淨鐵一條此鐵條內亦有吸鐵氣一微力爲鐵心所生則其其吸力仍爲一微力如鐵心內增一微力則鐵條內亦增一微力其有二微力所以鐵心二微力與鐵條二微力彼此相引所得之其吸力爲四微力

凡鐵心或相近鐵條內各一微力彼此相引之力如無別微力則與獨有本體一微力同

四十八款　又依此理令鐵心有三微力則鐵條亦生三微力而鐵條內之每一微力爲電氣吸鐵器之心所吸則其力爲鐵條每微力之三倍其有三微力每一微力各受原微力三倍之吸力故其其吸力爲九微力

四十九款　以此吸力與地球向心攝力及各物體相吸之力相比則其理亦易明假如任有二物體彼此相引之力命爲一如將一體倍其重則相吸之力亦爲原力之一倍如二體各倍其重則其相吸之力爲原力之四倍如一體加重二倍則其其吸力亦爲加二倍如二體各加重二

倍則其其吸力爲原力之九倍故無論其體加重若干倍其吸力仍有平方之比例而吸鐵力亦同此理即發吸鐵力之物加力若干倍而收力與發力亦同則其全力爲發收二力相乘之數即原力之平方數也

第八章論平方比例外之新理

五十款　以上各說何以必先明之乎其故因吸鐵氣遇鐵等質恆類平方比例則可知收吸鐵氣之體其吸鐵力本無定性而必與發吸鐵氣器之力同增同減所以此收吸鐵氣之體謂爲發吸鐵氣之器所附又其體爲吸鐵器所引所推俱因發吸鐵氣器令其暫有此性

五十一款　吸鐵氣之能吸究爲何故此事爲古今格致家所殫心極慮尚未查得其根源者也如西歷紀元以前六百年希臘國人大利司疑吸鐵氣似有性靈西歷紀元後一千五百三十五年有格致家哲麻疑從吸鐵器面至收吸鐵物面之間必有細線爲目所不能見此意有似法拉特所說力線之理又有格致家以爲鐵爲養吸鐵氣之料故吸鐵器遇鐵則欲收之以養其吸鐵氣故即顯力吸之又有格致家特司楷弟設一總理曰質點旋心之理而吸鐵力亦賅括其內近有格致家馬克司微拉亦依此理推詳之又有格致家伊彼奴司以爲吸鐵力爲極細極靈之流質能在吸鐵器外流動又有格致家科勒姆伯以爲二種流質彼此能相引而各流質之原性則能相推又有電學家安比而謂吸鐵器內有無數極微之發電路若遇鐵質則其電氣在鐵質點外旋流故能吸之但此各臆見雖未必眞確然知其說亦有裨益惟有電學家唐生云凡吸鐵各事固屬實據凡設吸鐵之理盡屬臆見而無實據所可盡信者不過爲其實事不知日後能有格致家查得吸鐵根源與否近尚未得其端緒

第九章論吸鐵推力并物質顆粒收吸鐵力

五十二款　西麻一千七百七十八年電學家蒲羅葛門查得鉍能爲吸鐵所推一千八百二十七年勒彼里弗謂銻能爲吸鐵所推又有格致家賽奇與西皮克與白克羅亦同查得此等事

五十三款　一千八百四十五年法拉待查得各種物質俱有吸鐵性又云凡物質分爲兩大類一爲吸鐵所引一爲吸鐵所推

五十四款　法拉待稱其所推之力爲吸鐵推力或問此力之性情爲物質所本有者抑爲本體所恆存者抑爲吸鐵器所附成者

五十五款　爲吸鐵所推之力正與前所說平方比例同

如吸鐵力加一倍則其推力爲原力之四倍如加二倍則爲原力之九倍餘類推

五十六欵　從此可知爲吸鐵所推之體其所以能推之故爲吸鐵器所生者也吸鐵力加大此推力亦加大反之亦然

五十七欵　吸鐵推力比尋常吸鐵引力更小凡物質能爲吸鐵所推者惟鉍所收推力爲最大但其推力比鐵所收引力小至難比電學家桓巴云如有鐵薄版鉍薄版各一片體積相等則鐵所收引力大於鉍所收推力約二百五十萬倍

五十八欵　凡能爲吸鐵所推之質則收力時所顯正負兩極點方向與能爲吸鐵所引之質之正負兩極點方向相反無論用銅絲圈或用吸鐵或合用此二器能爲吸鐵所引與所推之各質其兩極點方向俱能顯相反之性

五十九欵　如將鐵人像立於地面則收地球之吸鐵力變爲吸鐵所能引之體反之如將灰石等人像立於地面則收地球之吸鐵力變爲吸鐵所能推之體因灰石等原爲吸鐵所推之質故也又人身體內之肉與各種定質流質俱爲吸鐵所推之質所以人立於地面其吸鐵之極點與鐵人像之極點正相反

六十欵　凡生物質幷顆粒之大半其收吸鐵推力之大小在各方向不同因所附之吸鐵力亦有通軸故也

六十一欵　如愛司蘭司怕而郎鈣養炭養透光顆粒其通軸之推力爲最大又鐵養炭養顆粒其形狀及質點之排列法與鈣養炭養同但其通軸上爲其引力最大之處

六十二欵　如將物質顆粒懸於吸鐵器兩極點之中令易旋轉則其停止之方向俱依其推力或引力之通軸

第十章論摩電氣與引推傳阻各事

六十三欵　如將琥珀一塊用羊毛布或呢等摩之則琥珀能引髮雜毛燈草等輕物古希臘人名此氣爲琥珀氣至今西國名目亦存琥珀之意雖知此已二千餘年究無人窮其所以然之故

六十四欵　西歷約一千六百年英國可勒其司他地方有醫生名幾里白德時爲女王衣里熬伯御醫試摩數種質得知與琥珀之引力同如乾玻璃以絲布摩之或火漆以佛蘭絨摩之俱有能引輕物之性此性謂之生電氣性因此氣與天空烟電相同也

六十五欵　凡生電氣之物能引各種未生電氣之物或有爲其所引又有爲其推力如將玻璃摩之令生電氣能推近處未摩之玻璃將火漆摩之則能推近處未摩之火

漆反之已摩之玻璃能引已摩之火漆已摩之火漆能引已摩之玻璃

六十六欵　從此分爲二類電氣一爲玻璃質所能生者故俗謂之玻璃電氣一爲火漆含松香質等所生者故俗謂之松香電氣

六十七欵　以上二名目未甚合理因所生之電氣約視摩時所用何物有數種別質以摩玻璃能生松香電氣數種別質以摩火漆能生玻璃電氣則此名目未妥而易混不若以正負二字別之凡用絲摩玻璃所生者謂之正電氣凡用佛蘭絨摩火漆所生者謂之負電氣

六十八欵　凡含同類電氣之物彼此能相推含不同類電氣之物彼此能相引此爲電學之公理

六十九欵　被摩之物與所摩之物其電氣不同類而彼此能相引故摩時之力必勝其相引之力其力於所發電火內之熱顯之

七十欵　欲查一質所含電氣爲何類則必試其質能推何類電氣所推之電氣即本質所含之電氣如試其質所能引之電氣則不妥因不含電氣之質亦能爲含電氣之質所引故也

七十一欵　有數種質最易傳電氣有數種質最難傳電氣故易傳者謂之通電氣質難傳者謂之阻電氣質

七十二欵　不傳電氣質前人名爲有電氣質因手執而摩之能生電氣又傳電氣質名爲無電氣質因手執而摩之不能生電氣但以此法定各質不合於理蓋傳電氣之質如托以不傳電氣之質令其不遇別傳電氣質則易合其收電氣而不放如不托以不通電氣質則所收電氣即傳於相接之物而入於地

第十一章論電氣流質之理

七十三欵　電學家嘗問電氣爲何物何以在此質內不分不發又何以在彼質內易傳而不留諸電學家費甚心思窮究電氣根源之所在尚未查得可據之說前人以爲吸鐵氣與電氣與光與熱俱爲無重之質能與有重之質相合是以物質內有此各事與否其輕重恆不變近格致家查得光與熱之根源似爲行動之故不能解以此說電氣雖未明大要俱以爲不久當能查得眞理必與近人所說之理大異

七十四欵　電氣之根源既不能盡知祇可用所說電氣流質之理此理雖無據卻非無益因能將電氣所顯各事分類以解之

七十五欵　依電氣流質之理則凡有電氣引推之事皆

因二種不能見之流質彼此能相引若爲同類者則彼此能相推且二種流質能相和成中立性故凡物質不顯電氣力者因其流質相和而得其平也

七十六欵　以此物摩彼物則其二種流質勉强分離一種散在摩物上一種散在被摩之物上但摩法外另有一法能分之

第十二章論附電氣及分電氣增電氣

七十七欵　凡電氣已分之質與未分電氣之質相近而不相切其未分電氣之質有不通電氣之物托之則其已分者必能令未分者所含之合電氣化分即引出一種流質而推其餘流質再令其質離而遠則其二種流質彼此相合相抵而仍得中立性

七十八欵　中立性電氣內之二種流質爲已分電氣之質所强分者謂之附電氣故以此法分電氣謂之附成電氣凡未分電氣之質爲已分電氣之質所引者因先收附電氣之力而後能爲其所引

七十九欵　能傳電氣之物不與地通令遇有電氣之物則其能推之電氣欲散而無可散其能引之電氣爲所附之之體所攝令其不散若其能傳電氣之體一與地通則其能推之電氣即散入地再去其附之之體則所攝住之電氣即放鬆而散在其物之面

八十欵　可見中立性傳電氣質與近處已分電氣之質雖不相切亦能分其電氣令本體之電氣爲相近質內電氣之相反者

八十一欵　如將錫箔等喜傳電氣之質二片以玻璃等不傳電氣之質一塊隔之此邊錫箔通電氣則能通過玻璃片令彼邊錫箔之合電氣化分即引過一種流質而推其餘流質

八十二欵　如令彼邊錫箔與地通則能推之電氣必流散所以兩邊錫箔之電氣必彼此相引祇有玻璃片隔之

八十三欵　如令兩邊錫箔通以傳電氣質則其兩種不同類之電氣彼此相合則其錫箔之電氣可謂之放散凡電氣放散時必有電火顯出

八十四欵　如將平面松香餅或含硫黃象皮板令其電氣分開以金類板置其上則能令金類板之中立性電氣化分引其正電氣而推其負電氣若將通地之傳電氣質與金類板相接則所放鬆之推電氣即流入地若金類板面聯一玻璃柄或別種不傳電氣之柄依法令與松香餅面相離則金類板含正電氣每起落一次則電氣增多故有人依此理設一器爲增電氣器

第十三章論摩電氣與來頓瓶

八十五款　摩電氣器爲二件合成一爲不通電氣者卽被摩之物一爲收存電氣者卽所摩之物

八十六款　始造摩電氣器用硫黃球轉其球而以手切之此器爲德國馬克第白克地方官名格里格西厤一千六百七十一年所設後代以玻璃球再後用大玻璃管或圓玻璃板摩以乾絲近用硬硫象皮圓板以代玻璃板

八十七款　摩成電氣之法用搖桿以轉玻璃板左右有絲墊與玻璃面相切則玻璃因此收正電氣而後附此電氣至收存電氣器引其負電氣而推其正電氣收電氣之器有又形之物能放負電氣爲其玻璃面所收依此法則收存電氣之器實是不收而反放之卽放其負電氣而令其本正電氣存於內

八十八款　前八十一款所言錫箔與玻璃片之器其理與來頓瓶同如將玻璃片曲成瓶形錫箔一鋪其內一裹其外卽成來頓瓶如將此瓶與摩電氣器通則其內錫箔所收之電氣通過玻璃附於外錫箔引其不同類電氣而推其同類電氣

八十九款　查來頓瓶之法爲偶然所得有電學家用錫箔鋪玻璃瓶內以盛電氣手執瓶外其身體卽覺有收電氣力後用錫箔以裹瓶外代手卽得此最巧之器

九十款　來頓瓶之外錫箔因能通地則被推之電氣能放散而所存之電氣祇能受瓶內電氣之引力是以來頓瓶能存電氣甚多而不散

第十四章論電氣流行之理

九十一款　如來頓瓶內外二層錫箔有傳電氣質令相通則此錫箔至彼錫箔之間有電氣流行而過

九十二款　所流行之電氣從內外二層錫箔同時起行至傳電氣質中間爲止可見內外二層錫箔同時有二種電氣流行

九十三款　既有二種電氣同時交互流行則電氣所流行之方向難辨而易混所以電學家以正電氣所行之方向爲電氣流行之方向

第十五章論放電氣及雷電之理

九十四款　凡電氣流行時路遇阻之之物則必生熱間有所生熱極大足令金類鎔化爲霧

九十五款　凡有物質含電氣甚多者與不含電氣質相距若干遠其電氣能在空氣內越過成電火又如此質含正電氣彼質含負電氣亦有電氣交越而發火星反之亦然

九十六款　如空中雲二片所含電氣爲相反者則彼此交易電氣時電火爲電氣流行之路雷聲卽電火沖激之聲如用小電器令發小電火必聞剝剝小聲而空中電氣大故其聲亦大其響遍雲而有回聲所以聞其聲若轟轟然引長之意

九十七款　據此理則有含電氣之雲低近地面其電氣與地中電氣亦能交互成電火而發雷聲

九十八款　空中電氣與地中電氣交互時在地面所初遇之物爲能傳電氣之質其物質與電氣數相配則電氣直通地而無害設電氣初遇之物爲樹木房屋禽獸等不善傳電氣之物則電氣因難行過必生熱或跳過令其物受大害或竟滅之亦不定

九十九款　人周身腦氣筋雖最靈然受傷時至覺痛時必爲一抄中之若干分但放電氣所費之時更少不過爲其小分所有人爲雷電擊斃其腦氣筋未及覺痛之先已經殞滅故雷擊之人毫不覺痛

一百款　如有含電氣之雲行過高而尖并與地近之傳電氣物則此物能放地中不同類電氣與雲中電氣交互而雲中電氣卽滅其性不復有雷電聲光各事可見房屋與船等高處備置通電氣至地之金類桿卽可免雷擊之害

一百零一款　電發光時爲一抄中極微之分數所以靖室內有行動極速之物忽有來頓瓶電火射其上則雖動似不見其動假如礮彈所行路忽有電烟射之似覺礮彈不動約八分抄之一是因人目中所存物影不過八分抄之一其爲時甚促故也

一百零二款　試將電火行過火藥中令不遇阻之之物則火藥祇能推散而不燃如將繩一條浸水令濕以此繩通入火藥其濕繩能阻電氣故能生熱成火而燃火藥此則便於小試之事

第十六章論電氣濃淡及尖錐收放電氣之理

一百零三款　如通電氣體內加電氣力一倍則電氣之濃爲一倍加力二倍則電氣之濃爲二倍餘類推

一百零四款　球面之電氣各處等濃但板面之電氣各處濃淡不同而其邊爲最大若爲長形體則其兩端爲最大

一百零五款　通電氣體其端若尖利則其電氣積聚於尖點能放散於空氣內

一百零六款　收此放電氣之空氣能爲其尖點所推且其質點彼此能自推似覺生風是謂之電風

一百零七款　有輕物二端俱尖令兩尖放電氣成電風則其輕體因風而浮空氣內不墜而亦不動

第十七章論化電氣與摩電氣關係

一百零八款　如將鋅與銅各一片幾分入酸水內則其水外二端之電氣有相反之性銅端顯正電鋅端顯負電

一百零九款　如二片聯以金類絲則正電在絲上向負電而行負電在絲上向正電而行依前九十三款所說電氣流行之方向以正電為主故以正電在絲上所行之方向為電氣流行之方向

一百一十款　此電氣在絲上流行之力比摩電氣流行之力小至難比所以化電氣不能勝物質阻電之力而不能傳過摩電氣一傳而過

一百一十一款　用多件化電氣筒相聯筒數愈多所顯之合力亦與摩電氣愈相似如一千具大化電氣筒合并其力則張能令電氣跳過空氣千分寸之一之遠然不甚大之摩電氣器其通電氣器合法則易令電氣跳過十寸之遠

一百一十二款　電火行過空氣俱賴放電氣體之質點放電氣時其質點為電火所前移或遞過

一百一十三款　又有法能比較電氣得知摩電氣之力比化電氣之力小至難比如用吸鐵針懸之仍易轉動則必正向南北用極大摩電氣器特為設法增電氣力方張能令吸鐵針稍偏方向如少通化電氣即易令其針偏差

一百一十四款　法拉待用鋅絲與銅絲各一條徑約十三分寸之一插入小筒酸水內入水之深不過八分寸之五入水之時不過二十分秒之三而所生電氣令吸鐵針偏差度數比博物院內極大摩電氣器以汽機搖二十八周所成電氣令吸鐵針偏差度數更大可見作此等事化電氣之力與摩電氣之力大小難比

一百一十五款　如將空氣一立方尺封於最堅固器內以大力壓之則強能令其器炸裂如將空氣一立方碼封在極薄亮內不加壓力則空氣之本力不足令其薄亮炸裂稍加壓力其薄亮亦不裂從此二事能顯明摩電氣之濃與壓緊之空氣能炸裂體質相似化電氣器之電氣與不受壓力之空氣相似其數與摩電氣器之電氣大至難比但其濃與摩電氣器之電氣小至難比

一百一十六款　吸鐵針之偏差并化電氣之別事內俱恃電氣數大之故所以化電氣器令針偏差之數比摩電氣大至難比

一百一十七款　法拉待試驗小化電氣筒化水一瓶所

生電氣之數與博物院用多具大來頓瓶盛滿摩電氣放八十萬次所顯之力相等若將此許多摩電氣并爲一次放之暑等於尋常雷電一大焰又推算水一滴鮮四釐所成電氣之數等於空中雷電一大做所共放之電氣數相等

一百一十八欵　有化學家圖巴與可羅德司已查得水中一箇千分格輕氣所含電氣若能盡數放散於一大雲內雲離地面約一千枚則能引地面相反電氣所顯之力爲二百二十六萬八千箇千格（故格法國量數等於英國一磅零十一分之一又千分格等於英國六十五分釐之一又千格等於英國二磅三兩又四分之一）

第十八章論通電氣之理及來頓瓶等流源

一百一十九欵　一千七百二十九年倫敦人名固來查得電氣傳通之理法用七百尺長金類絲以絲線懸之一端有玻璃管摩擦玻璃管時其金類絲之彼端顯電氣之性能引輕物與在近處同再以細金類絲代絲線懸之摩擦玻璃管時其大金類絲不顯電氣之性即知電氣在細金類絲上放散自此各物質分爲傳電不傳電二類固來時已致仕在家食祿臨死前一日將此事告於博物院董事筆之於書

一百二十欵　一千七百四十五年有德國普米拉尼阿邦楷米納地方教主名固來司得用玻璃瓶盛汞或醇瓶口塞軟木以鐵釘穿木塞通入瓶內塞外釘尖與摩電氣器暫相切後以手指與釘尖一觸則電氣入身力甚猛

一百二十一欵　一千七百四十六年德國來頓地方人名固尼阿司用玻璃瓶盛水以金類絲從摩電氣器引電入瓶內水中又有格致家阿臘曼得與木勝不落克用法亦同木勝不落克以右手持玻璃瓶左手與通電氣處相切則電氣擊之甚猛最可怕故曰即許我以法國王位亦不肯再爲嘗試矣但彼查得一理知執瓶者能受電氣力旁人不能受而固拉司得尚未知此理

一百二十二欵　德國內盛電氣之玻璃瓶間有人稱爲固拉司得瓶然固拉司得猶未查出以上所說之理故恆稱爲來頓瓶一千七百四十七年英國人傅蘭克令將此瓶及同類器具之理著書詳言之（見前八十一八十八九十九七各欵）

一百二十三欵　一千七百四十七年英國蘭但弗教主名華德孫用二千八百尺長金類絲埋土內以來頓瓶放電氣傳過其絲後於倫敦近處蘇泰山上用一萬零六百尺長金類絲以烘過木柱托之因乾木不能通電氣以同法放電氣則電氣一通而行過

一百二十四欵　一千七百四十八年傅蘭克令於蘇里

幾勒山上德魯克於智尼法湖上亦以同法試傳電氣之事

第十九章論電報源流

一百二十五欵　一千七百五十三年英國有策編書著者人不詳姓氏內有一欵云可用電氣報信嗣有多人試用摩電氣在遠處傳報各記號法俱不靈至一千八百二十三年有英人名羅那之設一法能用摩電氣報信最爲靈妙卻有多不便處

一百二十六欵　意大里阿國可模有人名伏勒他查得化電氣器之法一千八百年以其事詳明函達格致家彭紀司

一百二十七欵　此後有格致家二人一名尼科孫一名楷拉特查得化電學化分水之法

一百二十八欵　一千八百年有人名色米令趁尼科孫與楷來立所查得化分水之法設一電報其時美國本西番尼阿有格致家可克司亦查得同法

一百二十九欵　一千八百二十年有格致家名愛司底特查得電氣能令吸鐵針偏差之理或謂此事有法國醫生早已查得一千八百零四年法國有書詳言之

一百三十欵　以電氣令吸鐵針偏差用設電報原爲法國算學名家拉普拉司所考得後有格致家安配兒與烈起二人依此意以設器

一百三十一欵　一千八百三十二年有格致家名希令製電報小樣以通信俄皇面試之以顯其法

一百三十二欵　一千八百三十三年有哥司與溦巴二人設一電報試於德國角丁眞城內兩處相距約萬尺所用電氣器爲法拉待所設者而非伏勒他所設者

一百三十三欵　哥司另托有人名司台尼拉考究此事所查得新法有大益處一千八百三十七年在暮尼克城內及相近處設電線長約四萬尺其最有益者爲不必用來去二線祇用金類絲一條以地上當第二條自此以後俱用金類絲一條

一百三十四欵　一千八百三十四年英國格致家同特孫試電氣流行之速用鏡轉動而得之後在倫敦總書院內設一百三十一欵所言希令電報

一百三十五欵　德國海特白軋城內有格致教習名門克講論電氣時所用電報與希令所設者同又英國人古克聽其說即悟其事必與人有大益故同英國與同特孫於一千八百三十七年六月合資作數在英國數處設立電報

一百三十六欵　有格致家麻兒司一千八百三十二年至三十六年費多心思欲用電氣化分流質法以設電報一千八百三十八年即棄之而用電氣吸鐵法此法將紙條繞輪邊有機器令轉動通電氣吸鐵氣紙條上即印成點與線各記號

一百三十七欵　一千八百五十年英國口多法與法國相對之口名格來之間有電纜沉海水內成電報爲英人布來德所設第一日用之最靈後不可用改年再設一纜始久存之

一百三十八欵　一千八百五十八年八月十五日英國與阿來利加之間有電纜沉大西洋內能通電報約一日其纜即壞而不能通

一百三十九欵　一千八百六十五年大西洋內沉第二條電纜此纜未成功忽在洋面斷而失去改年再作一纜甚合法後將前年所失電纜撈起今英國能通電報至阿來利加每一分時約報十五箇字

第三十章論電纜試得各事

一百四十欵　一千八百一十二年英國兌飛所著書云來頓瓶能盛滿化電氣與摩電氣同其原稿云一千八百零八年英國博物院置極大化電氣器共二百瓷筒每筒有鋅板與銅板十副每板面積三十二平方寸共板二千副其面積共數一十二萬八千平方寸筒內之水每六十分加硝強水一分硫強水一分如通電氣金類絲正負兩端繫於木炭相距三十分寸之一至四十分寸之一則電火最亮令炭尖漸相離遠至四寸其電火流行不息火帶如虹最可觀如電火內置鉑或石英或鈣養則與燭火鎔鐵同如火內置金鋼石與筆鉛易令燒盡又以抽氣筒玻璃罩內試之則罩內空氣愈薄其火能跳過之路愈遠竟能至六七寸所成紫色之光最佳試以此火化分各流質最速再將正負兩電線與來頓瓶內外二層錫箔通則其瓶即盛滿電氣又銅絲通斷之時俱能發火星其銅絲與來頓瓶一切雖爲時極小其瓶內亦盛電氣而其電力及電之性情與摩電氣無異

一百四十一欵　一千八百四十七年有德國人西門司設一法用硬象皮包金類絲沉水內則電氣不散因此質不能通電氣之故一千八百五十年正月十八日作論一篇報德國伯靈城博物院云金類絲以硬象皮包之埋濕地內則與大來頓瓶器同又云以常法所懸電線比埋地內之電線所自能收之電氣數更少但俱能自收電氣苦

一百四十二款　一千八百三十八年法拉待所著書云凡金類絲通電氣則必自成附電氣此附電氣必阻本電氣流行雖未製器顯明其理後必有人遇見此事等語是此俱爲法拉待先知之事

一百四十三款　一千八百五十四年電報公司已有製成電纜俱包硬象皮其長一百餘英里沉水內又有等粗等長電纜埋乾坑內毫無水濕名曰水纜與乾纜

一百四十四款　將化電氣器之一線令通入地再將一線與水纜之一端相接後每通或斷一次則人手大覺放電力其電氣足燃藥引又與化電氣器相接後分開電纜而聯以量電氣器則其器大能轉動

一百四十五款　凡將量電氣器與電纜相聯其一端與化電氣器相接則顯有電氣進入又凡將化電氣器與量電氣器之間以金類絲通入於地則顯有電氣出去以同法試乾纜則不顯電氣進出之據

一百四十六款　法拉待亦云電纜與極大來頓瓶同理其金類絲當瓶內錫箔其外水當瓶外錫箔其硬象皮當瓶之玻璃料又上所說電纜其金類絲面積共八千三百平方尺其外水相切面積共三萬三千平方尺可知與極大來頓瓶同用故通斷電氣時則能顯以上所說各事

一百四十七款　有電纜長一千五百英里埋地內而其纜之一端聯以量電器甲中亦聯一器乙彼端亦聯一器丙丙器有線通入地內

一百四十八款　將發電氣器與甲器相聯則其器即能轉動少待則乙器動少待則丙器動自甲器至丙器電氣流行之時爲二秒

一百四十九款　三器之針俱偏若干度顯明通電氣之故忽在甲器斷電氣則甲器之吸鐵針即歸○度少待則乙器之針歸○度少待則丙器之針亦歸○度

一百五十款　將發電氣器之線與甲器一切即離則其吸鐵針偏差若干度已歸○度時其電氣尚未到乙器後乙器之針偏差若干度已歸○度時其電氣尚未到丙器一百五十一款　可見電纜內電氣流行必費若干時刻乃自此端至彼端次第以顯其力

一百五十二款　再將發電氣器與電纜速相切數次則每相切一次似有電氣一浪行過電纜內其浪亦以次第分先後

一百五十三款　在甲器通斷電氣一次後令其器與通地之線相聯則進入電纜之電氣若干分歸回令甲器之針反向偏動可見電纜兩端有反向流行之電氣

一百五十四欵　以上各事俱因電纜所通原電氣之外另生增電氣之故法拉待與西門司二人俱說前人測量電氣流行之速所得之數各不同其故因有增電氣阻之

一百五十五欵　如令電氣行過任何通電氣之質其所費時與其質之長有正比例

一百五十六欵　如水內所沉之纜另有一事能阻電氣流行之速令其比例不能爲正比例此即電纜所生之附電氣而其阻力與電纜之長之平方有比例

第二十一章論測電氣阻力器

一百五十七欵　有英國人法而里設一器令電氣行過此器所受阻力與行過電纜若干長阻力相同從此能知電纜通電氣數要事又能定電纜之徑應須之數

一百五十八欵　此器內用雜通電氣之流質電氣行過與行過金類絲若干長等依此意製一器所顯阻電氣力與長一萬四千英里電纜相同其器內用錫箔增電氣令顯增電氣力又有別人設法用細金類絲成大捲而電氣行過每一圈之阻力與電氣行過若干長電纜阻力相同

一百五十九欵　如八十一欵所說之器爲增電氣器法而里所設者其錫箔面甚大不用玻璃片隔之但用薄紙浸巴辣非尼油內以代玻璃片則面積大而相距甚小則其增電氣能大

一百六十欵　如增電氣器用發電氣器裝電氣於內則放電氣時各事與來頓瓶同即有電火令人身大震等事與摩電氣同

一百六十一欵　如增電氣五十副聯用之以此副之內層與彼副之外層相接再用一千具化電氣筒相聯裝電氣則放電氣時能發大電火能燒金類絲

一百六十二欵　如將增電氣器之銅絲灣之置於一玻璃杯水內則放電氣時能擊碎玻璃

一百六十三欵　前所說測電氣阻力器其阻力能等於電纜一萬四千里者此器內含雜通電氣之流質十二罐而有金類絲通入罐內其發電氣器之一線與地通一線有法便與測電氣阻力器通斷又有量電氣器十具置於十一具流質罐之中

一百六十四欵　如不用增電氣器則令測電氣阻力器與發電氣器相聯則所有之量電氣器之針同時偏差

一百六十五欵　如流質罐中間以增電氣器十具以次相聯則所通電氣必依次第裝足各增電氣器方能令下一量電氣器之針偏動必不能如一百六十四欵所云各量電氣器之針同時偏差必依次第一一偏動

一百六十六欵　法而里云自倫敦至新金山設電纜長約一萬四千里故以此較電氣器顯明阻力又以倫敦爲電纜之近端而新金山爲電纜遠端則路中電纜所過之處爲幾蒲羅他與摩勒他與蘇愛是與阿騰與孟埋與楷印勒科他與蘭古那與新嘉坡與加臘巴至新金山各處假如各設量電氣器一具而在倫敦先通電氣一次則以上各處之量電氣器之針必依次第一一偏動卽與用測電氣阻力器內所用之十具量電氣器時候相配

一百六十七欵　依上法配準鑼兩流質或細銅絲圈之長短幷其增電器力大小令其所顯阻力與任長電纜相同

一百六十八欵　如欲令衆人同見此器之用法則所用十具量電氣器之吸鐵針上有小迴光鏡自暗房遠照白墻則墻面所見者原有光圈十箇整立成行電氣一通則吸鐵針偏動墻上光圈亦偏動房內衆人能同見光圈一偏動最爲分明又如令電線不行過各阻力器則電氣一通其光圈同時偏動

第二十二章論亞麥所設之理及可羅纏司所設此理之據

一百六十九欵　前在一百一十欵所說電氣流行之力可謂之電動力如將吸鐵針懸之令易轉動另有阻電氣之器則能量其電力

一百七十欵　如斷電線其電氣不能流行卽不能爲有力之電氣但其銅絲兩端尚存電氣不過不顯出故謂之靜電氣

一百七十一欵　如用合法之器則能求此靜電氣之數其發電氣器之筒數愈多或其金類板面等愈大則其靜電氣自然亦大

一百七十二欵　其電線已斷之兩端令再相接則所通電氣力與前之靜電氣數亦必有比例

一百七十三欵　可見靜電氣數亦能量電動力則靜電氣與動電氣必有一定關係

一百七十四欵　凡試驗化電氣器所顯電氣之力則其器不能與地面或別通電氣之質相接

一百七十五欵　如聯發電氣器兩極點之銅絲其居中與通地之銅絲聯則此相聯處電氣之濃數爲〇相聯處之左右愈近於發電氣器之兩極點則其電力愈大但相聯處之此邊專爲正電氣彼邊專爲負電氣

一百七十六欵　其相聯處卽電氣所謂〇之處凡相距等則其電力亦必等

一百七十七款　如聯發電氣器兩極點之銅絲與通地之銅絲相聯處不居中則相聯處電氣之數亦爲○而左右專爲正負電氣與前說同

一百七十八款　如發電氣器之負極點與地通則聯兩極點之銅絲全顯正電氣反之如發電氣器之正極點與地通則聯兩極點之銅絲全顯負電氣

一百七十九款　銅絲能阻電氣流行其發電氣器亦歸電路內其電氣亦必勝發電氣器之阻力但發電氣器之阻力能以外銅絲若干長明之如依此意記其數則兩銅絲長之和謂之電路改正之長數

一百八十款　如電路改正之長數已知之又其電動力亦知之則易推算其電路內任一處電氣濃淡之數

一百八十一款　電氣所流行之路可以平線明之此線謂之橫線而電路上每一點之電氣濃數可以立線明之此線謂之縱線如電路上各點之電氣濃數以縱線明之則其線之長與電氣之濃有比例其過各縱線之頂之曲線即電路上之電氣濃淡排列法如電學家亞麥以曲線與平線所畧成角度之大小名爲電氣濃淡角度

一百八十二款　如用準確名目則謂之電氣濃淡角度是即每一平線長若干數所有縱線較短若干數之比例

一百八十三款　電線所容電氣其數能以三角形明之此三角形之底即前所說橫線爲股線其垂線即縱線爲句所顯濃淡之線爲絃從此三數求其正三角形之面積即爲所容電氣其數

一百八十四款　以上爲亞麥所設電路之理後人恆用之而知其無誤科勒繞司亦用顯電氣試電路中各點電氣之濃淡往往得數與亞麥同

一百八十五款　亞麥謂電路中電氣從此處行至彼處之故因兩處濃淡不同故欲調補勻稱又以爲所通電氣與兩處濃淡之較數有比例從此可定爲電路濃淡之例

一百八十六款　電路濃淡數之例有五

甲　電氣流行之力與電動力有正相比

乙　電氣流行之力與阻力有反比例

丙　如聯發電氣器兩極點之線材質同粗細同則電路任何處電氣濃淡角度亦必同

丁　如通電線各處材料同粗細不同則細處比粗處電濃角度更大此角度與其金類絲之橫剖面積有反比例

戊　如兩極點聯以等粗金類絲二條但其絲之阻力不同其阻力大之絲之電濃角度大於阻力小之絲則其角度與電線之原阻力數有反比例

一百八十七欵　科勒繞司設証各理之據則用增電氣令其發電氣器之力更大且云此增電氣器不可少後有電學家湯生設一巧法不用增電氣器故可驗亞麥五理之據今更易矣

第二十三章論發電氣筒內化學變化及電氣流行

根源

一百八十八欵　格致家謂物質原料爲極細之粉所成名爲原質點其質點能任分之而無不能分界限

一百八十九欵　其原質點能相合成微點謂之雜質點

一百九十欵　如水爲養氣原質點與輕氣原質點化合而成鹽爲綠氣與鈉之原質點化合而成鉀養爲養氣與鉀之原質點化合而成發電氣器內之硫强水爲硫黃與養氣之原質點化合而成

一百九十一欵　前第二欵將鋅與銅各一條置酸水內其鋅與水之養氣有極大愛攝力鋅銅一相切即顯吸力其養氣與鋅化合因此成化電氣

一百九十二欵　器內所成鋅養與硫養化合成鋅養硫養

一百九十三欵　鋅面所生鋅養即分去使淨斯常能引四周水內別養氣之質點故鋅能漸漸消化至盡其消化時有電氣流行消化盡電氣即絕可見電氣流行全恃鋅質之消化

一百九十四欵　水之輕氣依三欵之說在銅面放散而其銅不消化

一百九十五欵　鋅之消化何以能令電氣流行尚未查得確據格致家已查得數實事并設數理考究電學者應留意焉

一百九十六欵　如有二種不同類金相切中無流質則一金類生正電氣一金類生負電氣此電氣存本金類體內其時伏勒他等電學家設一理明此相切成電氣之事爲切成電力而電氣之流行俱靠此力

一百九十七欵　設有兩種金類不過相切即能發電氣其電氣能生熱或能令機器行動則無異於永動之理格致家早知其必無此理也凡有顯力之事必有相等之費料如不費料或不將此力換彼力則不能有顯力之事總之其力終不能從無而生有

一百九十八欵　如有二塊不同類金相切則其正電氣喜此金類聚於其體內負電氣喜彼金類聚於其體內故其兩種電氣爲其兩種金類所引吸

一百九十九欵　以上之事爲交換吸力令兩種電氣暫

時改其排列之法而相切之後即刻相平如兩金類不相離則永遠相平無復有電氣流行之事

二百零一款　離質微點內之各原質點亦可當爲交換收電氣如輕氣原質點合於養氣之原質點成水一微點因原質點相切則電氣交換與前所說金類二塊交換電氣同理如果其輕氣原質點與養氣原質點其所引之兩種電氣爲相反者與二不同類金相切之理同則其餘各事亦必同

二百零一款　如將鋅與銅各一條浸水內則其鋅內收正電氣之原質點必向其銅內收負電氣之原質點蕩動而相向

二百零二款　如兩種金類在水內不相切則其二種電氣彼此欲交換相平則其水外兩金類條之端恆有彼此相引之電力

二百零三款　如金類條兩端之電氣能引之令流行入增電氣器內則能漸漸聚多又可用銅絲圈圍吸鐵針放此電氣令其吸鐵針偏動

二百零四款　前兌飛所說用大化電氣器盛電氣於多來頓瓶內如用顯電氣器令來頓瓶所放電氣行過則其吸鐵針亦能偏差

二百零五款　水內所浸之鋅與銅二條放電氣後亦必即再裝滿電氣再能令多來頓瓶收電氣又能令吸鐵針偏差

二百零六款　以上各事內其發電氣器之電路未成而所顯電氣及吸鐵各事俱與成電路之發電氣器同

二百零七款　如發電氣器配成電路則其鋅板因消化常換新質所以其發能再裝電氣可見發電氣器內所用之金類板恆欲合兩種電氣相平又恆不能相平所以因恆顯此力是知成電路始有電氣流行

第二十四章論在遠處用電氣成化學變化及用電氣化分各質之理法

二百零八款　關上章可知化電氣倒內必有化分化合二事所化分之質爲水所化合之質爲鋅與養氣與硫強水

二百零九款　但化電氣器不但本器內成化分化合之事即在遠處亦能之此爲一千八百年二電學家尼科孫與格拉特所查得前在一百二十七款言之

二百一十款　如一副化電氣質則不能化分水如有二副或多副相聯則所發電氣行過酸水內能分養氣與輕氣之原質點彼此化分

二百一十一欵　放養氣處即電氣入水之氣放輕氣處即電氣出水之處如變換電氣所出入之處則放養氣與輕氣處亦變

二百一十二欵　前說正電氣流行之方向爲電氣流行之方向此事須切記之所以知水內何處放養氣何處放輕氣即可知電氣水內流行之方向

二百一十三欵　凡以電氣化分水每放養氣一體積必放輕氣二體積

二百一十四欵　電氣化分各質謂之電氣化分所化分之雜流質謂之電分流質

二百一十五欵　化學家兌飛於一千八百零七年化分各質以求前人所未知之新原質常用電氣化分之法因此法比別法更勝

二百一十六欵　兌飛將尋常鉀養以電氣化分得最輕之金類與養氣之愛攝力極大置水面則浮能與水內養氣化合而生熱其所生熱令所放養氣着火如將鉀一塊置冰上則自燒成明亮之火冰面所融孔內含有鉀養水

二百一十七欵　兌飛以同法化分鈉養與鉀養相似所以兌飛用化電氣器化分鹼類土質一事能令化學大能推廣

二百一十八欵　化分鉀養與鈉養之法必先加熱令鎔因常爲定質不能通電氣故也如依二百零一欵之說其微質點必能轉動而彼此相對若爲定質則不能動若爲流質則能動

二百一十九欵　如鹽水內通電氣則其水與鹽俱能化分而電氣入水之處有鹽之綠氣及水之養氣又電氣出水之處有鹽之鈉及水之輕氣

二百二十欵　綠氣大有減色漂白之性所以鹽水內加靛藍或里低母司質令水有藍色通電氣後所放綠氣足滅其色其水仍變爲明水

二百二十一欵　如鉀碘水內通電氣則電氣入水處放碘爲梭色質電氣出水處放鉀質如將生紙蘸鉀碘水令濕則紙之一端入電氣一端出電氣其化分鉀碘之事亦能顯明

二百二十二欵　凡電氣化分等事常法以銅片等合用之料置所化分水內令電氣通至兩片其兩片所發電氣即從水內行過則電氣入水之片謂之正電路電氣出水之片謂之負電路如無此水則其兩片不過容滿正負電氣

二百二十三欵　惟彼此相引電氣必爲異性者所以正

電路所分出水內之質名爲負電分質又負電路所分出水內之質名爲正電分質

二百二十四欵　前所說各質化分之事其養氣綠氣碘爲負電分質其輕氣鈉鉀爲正電分質

二百二十五欵　所謂負電分質正電分質者不過爲本水內合用之名如換別種質化得之水則未必與本水同即此水內之質爲負電分質彼水內可爲正電分質亦未可定

二百二十六欵　如鈉養硫養水內通電氣則能令鈉養與硫養分開以藍試紙等試之變紅色爲有酸性之據

二百二十七欵　如銀養淡養或鉛養醋酸水內通電氣則其負電路體上結有銀顆粒或鉛顆粒

二百二十八欵　以上所說電氣化分各藥水之事謂之電氣化學

二百二十九欵　電氣鍍金銀銅各金類爲化學內有益之要事如有含金銀銅之水通以電氣而以所欲鍍之物與水內之負電路相接即能鍍各金

二百三十欵　如所欲鍍物面有陽紋或陽紋字畫鍍金類於其上俟畧厚可與本體分開本體字畫爲陰紋則鍍得者爲陽紋反之亦然西國印書活字與印圖花板恆以此法多爲之

第二十五章論量電氣器之法

二百三十一欵　電學家微巴設一器名曰切線指南針法用黃銅或紅銅作圈中心掛一小指南針將圈立置正向南北其圈一通化電氣針必偏差若干度而所偏角度之切線數與電力有比例故謂之切線指南針

二百三十二欵　法拉待設一器用玻璃管面刻分度每分能指所容氣質若干管一端封密盛以水覆於發電氣器水內金類片上則通電氣時所放氣必由管內上升管內之水必漸低每若干時候內放氣若干數則能知電氣力若干大此謂之量化電氣管

二百三十三欵　如將量化電氣管與切線指南針二器合用則通化電氣時其指南針偏差之切線數與管內所聚氣質之體積數必相配電氣或增或減二器所顯之數之比例亦必同

第二十六章論電氣極點之理與烈他所設附電堆

二百三十四欵　如酸水內通電氣則正電路體必有養氣一薄層蓋之負電氣體必有輕氣一薄層蓋之其一體爲正電氣體其一體爲負電氣體則無論其體爲何質其輕養所顯之性與二種不同性金類同即輕氣當鋅之用

而養氣當鉑之用

二百三十五款　如斷原電氣路其二金類片有輕氣養氣一薄層亦能生電氣

二百三十六款　所生電氣流行之方向從輕氣薄層起行過酸水至養氣薄層止又從養氣薄層起行過通電線至輕氣薄層止

二百三十七款　依以上正負電路體外有輕氣養氣薄層則其體謂之成極點體其所放電氣謂之成極點電氣

二百三十八款　前說化電氣流行之方向必從養氣行至輕氣見二百一十一款可知成極點電氣之方向與本電氣流行之方向必相反

二百三十九款　如將鉑片置筒內加酸水令通化電氣則其化電氣器之電力初時大後則漸小其減小之故因鉑片在水內漸生極點電氣與本電氣之方向相反故也

二百四十款　如發化電氣器內亦能有此事而阻其電力若所用者爲鋅鉑二片并一種酸水則其鉑片亦生輕氣一薄層

二百四十一款　此輕氣因有正電氣性則能留鋅之用是其電氣器內似有鋅與鋅相敵

二百四十二款　如化電氣器內用鋅二片則不能生電氣是因有輕氣一薄層其性與鋅畧同則其電力必漸小若欲得鋅與鉑二片之全力必設法去其鉑片所生之輕氣方可

二百四十三款　如各羅法所設化電氣器能免上弊法用二種流質一爲濃硝强水以浸鉑片一爲淡硫强水以浸鋅板硝强水盛瓷筒或瓦筒內筒外內無釉故能吸水至飽以通電氣

二百四十四款　此化電氣器內鉑片所放之輕氣即爲硝强水養氣所收而化合故鉑片不復生輕氣薄層

二百四十五款　如不用單筒內放鉑片二塊而用多筒相聯每筒有鉑片一對令電氣行過各筒則每鉑片一對變成發化電氣器如以此法做許多筒則所通之電氣變爲極濃

二百四十六款　如不用筒與鉑片而用別種金類片代之如用淨洋錢每洋錢一對用生紙或呢或布浸酸水令濕間錢中再將多對積疊成堆通電氣時則每一對洋錢之面一面生養氣一薄層一面生輕氣一薄層此器爲伏勒他原設成化電氣之法所用

二百四十七款　依上法用洋錢等疊成高堆以小發電氣器通電氣則其電氣之動力比原電氣之動力大多倍

所發電火更大而亮所能行過有阻力之體或跳過空氣之相距數比原電氣器亦大多倍

二百四十八欵　設此成堆之法自電學家烈他始此器名曰附電堆有此名以別之斯不與原化電氣器相混

第二十七章論法拉待電氣化分各質之例

二百四十九欵　如合一發化電氣器之電氣行過數管每管容雜流質不同則各管所化分之數亦不同

二百五十欵　如令電氣聯行過數管一管容水一管容鉛養水一管容鉛綠水一管容鉛碘水一管容銀綠水則電氣在各管所化分流質之數依各質之次第爲九與一百一十一五與一百三十九與二百三十○五與一百四十三五之比

二百五十一欵　各管水內所化分之質必有幾分歸正電路體幾分歸負電路體此二體所收各質有一定之列爲表如下

	正電路體	負電路體
水	養氣八釐	輕氣一釐
鉛養	養氣八釐	鉛一○三五釐
鉛綠	綠氣三五五	鉛一○三五
鉛碘	碘　一二七○	鉛一○三五
銀綠	綠氣三五五	銀一○八○

二百五十二欵　以上各數爲各質尋常化合之比例數即化學之分劑數但凡以電氣化分則所用電氣數與化合之數其比例相同其各料化合比例相同則化分之比例亦必相同所有不同之處不過在數目此例爲法拉待所設者

二百五十三欵　電氣所化分各質時不見有化分之事并不見有放氣之事其所分出之質於正負兩電路體上初顯出別處則否

二百五十四欵　如以電氣化分水則水內養氣質點向正電氣路體而傳其輕氣質點向負電路體而傳

二百五十五欵　如電氣動力足用則水內養氣與輕氣勉強分開水點內所放輕氣與相切之水點內養氣相合令其輕氣與再相切之水點內養氣化合果如此則迭有水點化分此放輕氣與彼養氣化合令彼再放輕氣自正電路體起至負電路體而止而負電路體相切之水點所放輕氣再無養氣與之化合故存其氣質之形即在電路體上漸聚成氣泡放散此理爲古羅拖司所設尚未有確實之據不過其化分之意畧能解明

第二十八章論奴比利彩色圈之理

二百五十六欵　如鋼退火時察其色即能知其質之輕硬此顏色爲鋼面上有鐵養最薄一層之故又鉛鎔時鍋內常有彩色最美觀亦因有鉛養一層之故

二百五十七欵　前有格致家奈端後有格致家容查究此理謂其彩色因其質有極薄一層之故

二百五十八欵　奴比利用電氣化分各質得彩色圈最佳法將鋼板磨極光亮置淡鉛養醋酸水內令鋼板與化電氣器正極點相接有銅絲與負極點相聯將銅絲端浸水內則銅絲下之鋼面有鉛養質分出結成而其鉛養之層與銅絲端愈遠則愈薄故其彩色亦不同而成同心圈之形最爲悅目

二百五十九欵　此各圈之顏色俱恃材質之層之薄而其層之厚薄有關電力之大小所以近銅絲處則稍厚愈相遠則電力愈小而其層愈薄

後有格致家來門德查得負電氣線之端與銅板面相近所成同心圈各層之厚薄與同心圈半徑之立方有反比例

第二十九章論電路中各處熱度

二百六十欵　如將化電氣器兩極聯以畜傳電氣之粗金類絲則其絲所生之熱不能覺其鋅收養氣所生之熱不出本化電氣器之外

二百六十一欵　如化電氣器之兩極聯以有阻電氣性之金類絲則其絲能生熱若其絲之細與所發電氣相配則其熱能大至白色

二百六十二欵　如謂化電氣器有似火爐則其器內所費之鋅似爐內所燒之煤可疑燒鋅所生之熱不能顯於本體外又疑所生之熱應與所費之鋅有比例

二百六十三欵　以上所疑之事雖非實事亦能證之法將化電氣器聯以粗金類絲以電氣置盛水器內費鋅一兩生電氣用寒暑表試其水所增熱度則可知鋅一兩生熱之數

二百六十四欵　再將前化電氣器置盛水器內以細鉑絲等有大阻力質聯其兩端仍費鋅一兩生電氣其水所增熱度比前所得數更小

二百六十五欵　如用細鉑絲等有阻力質令通盛水小器內仍費鋅一兩生電氣則其細鉑絲所生熱之數與本化電氣器所生熱之數之和等於用粗金類絲時所得化電氣器生熱之數

二百六十六欵　可知化電氣器內鋅一兩與養氣化合所生熱數恆相同可令其熱於本器內顯出或可令其熱

幾分在本器內顯出幾分在電路中顯出

第三十章論電氣生熱與動力阻力之關係

二百六十七欵　化電氣之正負兩極點以金類絲聯之此金類絲何故生熱試畧證之

二百六十八欵　其熱藉電氣流行之力但未必與此力有比例而另與別事有關涉

二百六十九欵　如發化電氣器有法令易加減電氣力試發電氣四次用切線指南針測其力得數爲一二三四則本金類絲所生之熱之數爲一四九十六

二百七十欵　從此可見所生之熱數與其電氣流行之力有平方比例

二百七十一欵　如電器所發電氣之力不變則金類絲所生之熱與其阻電氣之力有比例此事爲電學家茹勒所查得

二百七十二欵　如有任粗任長之銀絲又有等粗等長之鉑絲此二絲所通電氣力相等則鉑絲所生之熱比銀絲所生之熱爲十倍此因銀之阻電氣力十倍於鉑故也如欲令鉑所通電氣與銀絲所通電氣有等力則必發電氣器依比例而增其力

二百七十三欵　可見電器內有等粗之鉑絲與銀絲在內則通電路時其鉑絲能熱至白其銀絲不能見其因熱所變之色

第三十一章論吸鐵電氣及附電氣

二百七十四欵　如發電氣器之電路相近處有能通電氣體而不切於電路則成電路時其能通電氣體亦有自生電氣之事又斷電路時亦然

二百七十五欵　如電路中有粗金類絲圈另有一圈近此圈而不相切則電路通斷時其另圈亦必自生電氣

二百七十六欵　其另圈內生電氣二次謂之次電氣而在極微時內顯出如有吸鐵針等顯電氣之物則能令其針差動與原電氣相同但其針一動即復因受圈之阻力則變爲熱

二百七十七欵　其另圈內所生次電氣二次圈內流行之方向相反成電路時所生者其方向與原電氣方向相反斷電路時所生者其方向與原電氣之方向相同

二百七十八欵　以上所說次電氣謂之附電氣一千八百三十年法拉待所查得一千八百三十一年所著格致書內詳言之

二百七十九欵　如附電氣器不用單圈以銅絲繞成螺絲形電氣圈依前所說電氣吸鐵圈爲之則其銅絲每繞

一周能生附電氣若干如多周多層則其力更大以下所說各事可用素蠶絲之銅絲成長圈扁圈二具

二百八十款　將一扁圈平置棹面其兩端聯量電氣器又一圈聯發電氣器有機關令易通斷聯發電氣器者謂之原圈聯量電氣器者謂之附圈

二百八十一款　如將一圈在上一圈在下令原圈通電氣量電氣之針忽為附圈內所成附電氣偏動而即歸原二百八十二款　如原圈斷電氣量電氣之針亦忽偏動其偏之方向與前次相反可見原圈有通斷電氣之事則附圈內有相配之附電氣此附電氣行動之方向與原電氣之方向相反見二百七十七款

二百八十三款　如令附圈與原圈稍相離原圈內電氣通而不斷再令附圈與原圈漸移近則附圈生附電氣加移時忽止附電氣即絕

二百八十四款　如令附圈與原圈漸移遠附圈亦生附電氣如移時忽止附電氣亦即絕

二百八十五款　附圈漸近原圈時所生附電氣方向與原電氣方向相反漸遠時所生附電氣方向與原電氣方向相同

二百八十六款　總之有二電氣同向而行則二電氣彼此相引二電氣反向而行則彼此相推

二百八十七款　所以附圈漸近原圈必勝推力附圈漸遠原圈必勝引力可見成此二附電氣俱必藉外力即人力或器具力等

二百八十八款　所用外力在附圈內附電氣絕時變為熱而驗其力數與其熱數必相配

二百八十九款　如令吸鐵器之一極點與附圈漸近則附圈亦生附電氣漸遠亦然但所現附電氣不過於近時遠時之間而現如吸鐵器近時或遠時忽止則附電氣亦即絕

二百九十款　可見有銅絲圈并吸鐵條每近一次退一次自能生電氣則不必用化電氣器亦不必用摩電氣器祇藉吸鐵器進退之力而已

二百九十一款　附圈內或附圈外空處令吸鐵氣改變一次則圈內成附電氣一次如所變改者為增吸鐵氣所生之附電氣方向與減吸鐵氣所生之附電氣方向相反

二百九十二款　如用長附圈圍原圈原圈中安鐵心又設法令原圈電氣通斷極速則其電力能甚大通斷電氣常用之器名為簧椎椎與鐵心相距配之合法能自行不止

二百九十三欵　有人名羅末可弗依此法作附電圈最靈巧常稱爲羅末可弗圈近有人名挨浦司所製附圈電力更大

二百九十四欵　附圈之力大半待其每圈銅絲能合法隔開如羅末可弗圈所成之附電氣比原電氣之動力大數千倍故所現電火能跳過之空距比原圈之電火所能跳過之空距大數千倍

第三十二章論附電氣與吸鐵力線關係及吸鐵器令物轉動

二百九十五欵　以上所說電氣之理俱爲法拉待所發明月查得附電氣與圈住吸鐵力線之關係見二十五欵

二百九十六欵　法拉待查得通電氣體移過吸鐵力線上如順其線而移則無附電氣如橫其線而移則生附電氣

二百九十七欵　法拉待查得金類圓板轉動之路爲力線之切線則不生附電氣如轉動之路與力線相交則板內即有附電氣流行此附電氣從板心向邊再自邊向心流行所以其圓板內可謂之自成電路

二百九十八欵　一千八百二十年格致家挨拉哥查得此理名爲轉動吸鐵力後法拉待考之極詳

二百九十九欵　法拉待查得地球吸鐵力線似爲金類圓板轉動相交而成附電氣要之吸鐵附電氣各事俱自地球之吸鐵氣得之

三百欵　如轉動其通電氣體其轉軸與吸鐵力線平行則轉時不過受空氣之阻力而已如令其轉軸與力線正交其轉動之際力爲吸鐵氣及所成附電氣所阻之力

三百零一欵　此阻力有法可令極大至能阻圓板之轉動而停如將紅銅立方體或球體懸以繩繩先纏緊鬆之則其體能自轉動再令銅體轉動於電氣吸鐵器兩極之中如不通電氣銅體易轉不過受空氣之阻力如通電氣則其吸鐵力能阻銅體轉遲而停然法待又設一法執銅皮一片往復於吸鐵器兩極之中有似以刀切物之意蓋因銅皮受阻力如以刀割豆腐等與體相同是何異空氣內變有定質之體

三百零二欵　如設法令通電氣體轉動往復於兩極點之中俱能生熱此爲來勒始查得另有富可脫亦設法類此理所用之器爲顯顯器顯顯地球轉動之理器令轉動於吸鐵器兩極之間所生之熱足令易溶金類溶化某某吸鐵器不通電氣自然無生熱之力

三百零三欵　如電氣吸鐵器機內所有銅絲兩與器其

鐵料生附電力之推力能阻住器機行動之力令器機所
雜得益然此後可設法令此種器機免得各線費即比以
汽機其除費能更小

第三十三章論另電氣

三百零四款　如羅末可弗附電圈銅絲兩端聯之成附
電路則斷原電圈之路所生電火甚小如將附電圈銅絲
兩端分之則原電圈所生電火能甚大

三百零五款　其電火減小之故因附圈兩端相聯成電
路能阻原圈之力附圈兩端分開則不顯阻力故其原圈
之力仍能大

三百零六款　原電路之銅絲兩端相聯亦能感動附圈
質推與鐵心相切一次則成原電路其附電氣之力大為
所減如原電路一斷不能感動附圈則附圈所生之電氣
為其全力所以羅末可弗圈祇能在一方向放電氣不能
兩方向迭次而放

三百零七款　以上所說原電氣成路能感動附圈此事
與另電氣有關係

三百零八款　如令電氣行過一原圈則此電氣令本銅
絲內生附電氣而此附電氣與原電氣之方向相反即原
電氣在本電路自生阻路之電氣但此阻路電氣一生即
滅

三百零九款　原電路一斷依同理亦生附電氣其方向
與原電方向相同亦一生即滅

三百一十款　原電路通時與斷時本銅絲內生二次之
附電氣法拉待命名為另電氣

三百一十一款　原電路斷時所成火星比通時所成之
火星更亮而力更大此因另電氣與原電氣同向合顯之
故

三百一十二款　如原電路中能另加一電路即如本管
外繞包覆絲之銅絲二條一條通電氣成原電路則同時
得更亮之電火星此因所生之另電氣與原電氣相合之
故此說係第二條銅絲與第一條銅絲不相連乃有此事

三百一十三款　如第一條銅絲與第二條銅絲相聯則
原電路內所生之另電氣即減而電火照亮大為減小

三百一十四款　此事為三百零四款所言之理之據如
將附圈銅絲兩端相聯則其另電氣為附圈所成而原圈
內不生另電氣可見另電氣可依此法令變為尋常附電
氣不過生於原電路中則謂之另電氣生於原電路外則
謂之附電氣

第三十四章論放電氣時候久暫與電氣濃淡關係

及增電氣器

三百一十五欵　增圈內附電氣之力所能跳過之空距

將其原電路斷電氣之速

三百一十六欵　前說電路銅絲等質隔斷之處或相離之處如不甚遠則有本質之微點在兩端之間行過若干微時所以原電路之力非即刻而無乃漸減而無

三百一十七欵　如欲令附電氣之力最大則必令原電路斷之極速方可

三百一十八欵　如用大力吸鐵器居兩極點之中令原電路忽斷其斷之時極速令附電氣所生火星跳過空距頗遠如原電路於吸鐵器兩極相遠之處而忽斷之則附電氣所跳過空距極小幾與前者無比

三百一十九欵　此事因吸鐵極點之中斷電路則斷後所有行過之微點即為吸鐵氣所停止而其所通之電力不能漸漸減小而忽然停止所以原電路之全力於微時全顯

三百二十欵　原電路依此法斷之生火星剝剝之聲比別法更大此大聲為電學家彼習始查得而其理為里洽克始闡明即以此法令附圈增其放電氣之力

三百二十一欵　羅末可勿圈斷電氣所生電火之無有法能滅之即將增電氣器與原圈相聯此法為電學家飛坐始查得

第三十四章論薄氣質與霧質內放電氣之事

三百二十二欵　摩電氣器之通電體所放電氣行過空氣則成濃而明之火星又有爆裂聲最大

三百二十三欵　如所放之電氣行過薄空氣則所能跳之空距比尋常空氣更大又如設法令空氣極薄用抽氣筒玻璃罩等則所放之電氣能不發聲跳過其玻璃罩內紅光充滿

三百二十四欵　此紅光與北曉同其根源亦同俱因空中之淡氣而變成者

三百二十五欵　不但薄空氣有此事即各種氣質以抽氣罩令為極薄放電氣行過亦現各色之火火色視氣而異如用分光求原之鏡分各火色則能知其氣為何氣

三百二十六欵　如以附圈所放電氣行過薄氣質發光等事與摩電氣器所放電氣同

三百二十七欵　電學家常備容各種薄氣或薄霧之管其作法先令管老所須氣質再以抽氣罩抽之幾至眞空為止此種管謂之電火眞空管管之二端有鉑絲銘合管口玻璃料中便於通電氣將至眞空時用吹火筒封其管

口

三百二十八欵　德國波奈地方有造電器家名該司拉造此種管最多而佳故卽命曰該司拉管

三百二十九欵　有法作此種管能令管內電火爲若干層其分層之方向與電氣流行之路爲正角而光層之中有暗層間之此光層爲電學家古羅伐始查得羅末可勿亦查得各法令光層變成各形狀

三百三十欵　前人以其光層之故因附電圈鑽椎通斷電氣而成後來有電學家介西阿用摩電氣器試之又用化電氣器三百五十筒試之不用鑽椎而所得光層仍相同

三百三十一欵　此光層之故因附圈每放電氣一次其電氣行過各質有似水成渦之意迭次濃淡故於眞空管內見之則有光暗各層又依同理用化電氣器放電氣亦有成渦之意而能在光層顯明

第三十五章論薄氣質內放電氣遇吸鐵氣所有變化

三百三十二欵　薄氣質內放電氣成光層亦可視爲相通之電路故其光遇吸鐵氣之變化與通電線所有各事能顯之事少薄氣內成光之質極輭而稀則有凹凸力易爲吸鐵所感動

三百三十四欵　如將容薄氣質之通電氣管令電火行過電氣吸鐵器之兩極點吸鐵氣通電氣時其光層或偏差或全滅

三百三十五欵　如電火全滅時卽斷吸鐵器之電氣或將管遠離吸鐵器兩極則其電火仍顯明

三百三十六欵　如電火之光淡而少令收吸鐵力則其薄氣管之正極點放出最光亮之火分若干層似從極點引出令斷吸鐵氣其光層似漸退入正極點內已有電學家介西阿設數器以顯此事最可觀

三百三十七欵　前三百零六欵說附圈所放電氣常同方向所以各眞空管必有一正極點與一負極點

三百三十八欵　如令負極點之光遇吸鐵氣則光順吸鐵力線而排列如令正極點之光遇吸鐵氣則毫無變化此爲化學家普蒲克所查得

第三十六章論吸鐵電氣器與沙克司騰所設之器與西門司所設吸鐵攝器

三百三十九欵　一千八百三十一年法拉待查得吸鐵

電氣之法一千八百三十三年電學家脯之司騰設一法能令吸鐵電氣器連發電氣不止

三百四十款　此器大致用銅絲成圈圈內安鐵心合此器在大力吸鐵器之極點前轉動

三百四十一款　如將此銅絲圈移近電氣吸鐵器之任一極點則移時之間生多電氣此電氣之方向恃其銅絲圈向吸鐵器何極點移動而別又將銅絲圈移遠吸鐵器之任一極點則移時之間又生相反之電氣其銅絲圈進退時生反向電氣之事已在二百八十三二百八十四各款言之

三百四十二款　如用反電氣方向器其銅絲圈移至何處能令電氣反向則其電氣能連向同方向流行

三百四十三款　所用之軟鐵心并銅絲圈合成之器謂之鑷鐵圈如沙克司騰所設鑷鐵圈其銅絲在鐵心上橫繞之

三百四十四款　後有電學家西門司設一法將銅絲在鐵心縱繞之所作之鑷鐵圈另在數具大力吸鐵器極點之間所得吸鐵電氣力比沙克司騰所設者更大

第三十七章論微勒特所設之器

三百四十五款　一千八百六十六年有電學家微勒特查得一新法為吸鐵電氣學內之最要者其法將西門司器引其所發之電氣以繞電氣吸鐵器則知所生之吸鐵力比用多具鋼吸鐵器成吸鐵電氣之力更大

三百四十六款　其力以起重之法試之合用數具銅吸鐵器祇能懸重四十磅此器用鑷鐵圈生吸鐵電氣引此電氣繞電氣吸鐵器則所能懸之物重至一千〇八十八磅

三百四十七款　令電氣吸鐵器懸此重物必令電氣吸鐵器之鑷鐵圈轉動最速否則其重即墮

三百四十八款　微勒特查得此法後心猶未足又將長大鐵版以銅絲繞之成電氣吸鐵器而其兩端之間安一鑷鐵器此器之長與鐵版相配形狀及作法與吸鐵電氣器同則此第二具鑷鐵器所發之電力與前器之力大至難比

三百四十九款　微勒特再將此器所發之電氣引繞第二具電氣吸鐵器此第二器為更大之鐵版所成又以同法配長鑷鐵器令其轉動則此第二電氣吸鐵器所發之電力為前人所未想到其電氣引過大鐵條經百分十之一即能鎔化如用炭條通電氣端稍相離所發之光人目不能當

第三十八章論西門司與桓子登器

三百五十款　微勒特設器後數年則西門司與桓子登二人同時查得電氣吸鐵內之要事

三百五十一款　新法大器將吸鐵氣之微數恃本吸鐵氣之力增大令為最濃

三百五十二款　如欲明此器之法必有電氣吸鐵器之心內存餘吸鐵力微數凡鐵已令變為電氣吸鐵即斷電氣後亦常存吸鐵氣微數如於此吸鐵器之兩極點用銅絲圈與軟鐵心成鑷鐵器令轉動極速則此鑷鐵圈必生微附電氣其力最小若將此附電氣引繞本電氣吸鐵器則其吸鐵力因此增大故其鑷鐵圈生電氣亦更大而此電氣再引繞本電氣吸鐵器則其吸鐵力亦比前更大如是屢增電氣則其電氣吸鐵器原含之微電氣能漸漸增大至極濃

三百五十三款　其吸鐵氣已用此法增電氣則必另用鑷鐵圈轉動於其兩極點之中或兩極點之前此各圈所生之電氣能引至遠處任作各事即如成電氣吸鐵或電氣化分或運動小機器或作電燈等用

三百五十四款　英國電學家呵密爾始用吸鐵電氣器成最明電火為海內燈塔之用器用鋼吸鐵器與轉動之鑷鐵圈近作最大力之器用西門司與桓子登所設之法

第三十九章論來頓瓶之附電氣

三百五十五款　如將來頓瓶一具或數具聯用令放電氣行過銅絲圈以此圈為原圈再依法配附圈則附圈內亦生附電氣如電力大者其附電氣能燒鎔細鉑絲一尺

三百五十六款　如將附圈電氣引繞第三具銅絲圈又有第四圈與第三圈相對則原圈通電氣之時第三圈之附電氣能當原圈之電氣而令第四圈生附附電氣

三百五十七款　如再加銅絲圈一對則附附電氣能成附附附電氣屢加之則無窮而此電氣能得極濃可燒火藥或燒細鉑絲等事

以上所說來頓瓶放電氣成附電氣為英國電學者亨利與德國電學家來司所查得

桐鄉沈善蒸
瀏陽王揚芳　校字

宣德三年 卷一

電學

電學目錄

卷首　總論源流
第一章初知電氣至弗蘭克令時
第二章弗蘭克令至初知化電氣時
第三章化電氣並兌飛所試各事
第四章吸鐵電氣並近時新理
卷一上下　摩電氣
第一章論測驗電氣
發電氣簡法
電氣相異之二性
顯電氣器
第二章論附電氣
容電氣物稍離中立能傳之物現引力
附電氣之理
電氣存於體之外面
增電氣器
倍電氣器
第三章論發與容之器
摩電氣器
摩電氣器之理
傳阻電氣各質
正負二電氣必同發
電氣引力與推力之例
附增電氣器
附電氣與所附過之質相關
容電氣體外面電氣之位置
現附電氣力之例
圓筩與圓板功用相比
吹汽發電氣

電氣附過難傳之體成光星
傳或正或負之電氣而爆裂
第四章論來頓瓶
考知來頓瓶紀
來頓瓶之理
來頓瓶造法
測容放電氣法
多連來頓瓶
餘存電氣
來頓瓶偶能自爆
試來頓瓶容放
餘電氣與散電氣
旁放電氣
容電氣之例
哈里司近來考得之例
電氣傳行之速
放電氣傳過動物
電氣化學之理
電氣之吸鐵性
第五章論空氣之電氣
空氣之電氣每年每日不同
空氣爲容電氣之大源
考下層空氣空電氣之器
白賈利亞與唐生考空氣內之電氣
唐生測候器
唐生測候簡器
測候電氣銅絲
下霧時之電氣
測高處空氣內之電氣
天空雷電
天空雷震前後所視
天空電光分類
雷電時覓躲身之穩處
電氣反放之力
兌房屋雷擊之桿
船受雷擊之桿
海內爆發火山
颶風

龍取水
北曉之理
電報線受空氣電氣之兵
天空容電氣之物
卷二 論吸鐵氣
磁石
吸鐵總理
吸鐵條最宜之形
測吸鐵條之力
地球之吸鐵氣
船用指南針
測斜微數之指極針
指南針之地差
指南針依時改方向
地球吸鐵氣之濃淡
卷三 論生物電氣
賈法尼考得動物電氣
試動物電氣之法
馬土細考動物電氣
動筋宿時所現
北曉
北曉因吸鐵氣
兒天空電氣亂電報線
造作吸鐵器
造吸鐵器最宜之鋼
吸鐵作并用之例
吸鐵力之例
陸地指南針
指極針
測指南針地差之器
指極針之改變
地球吸鐵氣之赤道
吸鐵氣亂流
賈法尼動物電氣之理
弗打考得電氣之理
來門得所試電氣
電氣感動動物之五官

動物動筋縮時發電氣　電魚
植物電氣

卷四

第一章論發化電氣之器

弗斤初試　乾電氣堆
相切之理無實據　化電氣間器
化飛包船銅皮不壞之法　發化電氣單器
發化電氣多連之器　強水浸鐵之變
水發電氣器　發電氣第之二極未連時已有濃電氣
次發電氣器　氣發電氣器

第二章論化電氣之力

發電氣單器與多連之理　電氣動力電氣阻力電氣傳行電氣數電氣濃之解
俄末所設之理電氣力之例　俄末多連之器之理
華思敦測阻力之器　立阿司搭得與阻力圈
阻力之元數　徵巴與湯生吸鐵測電氣器
英國博物會所定電氣阻力之元數

第三章論化電氣化分之力

化電氣化分之始　顧路悅司電氣化分物質之理
以水爲傳電氣之極　原質自此極移至彼極之例
原質以正負電氣之性分類　電氣化分力之數

電氣化合力之數
物質化合化分
物質成顆粒及與化分
化分得金類
結銅鍍鋅
鍍金銀
鍍彩色
化分鹽類
流質自正極面移至負極面
第四章論發熱發光
發熱
發光
電氣燈
電氣弧火之大小
吸鐵條與電氣弧火之相隔
化電氣傳過金類絲發熱
化電氣傳過炭養質空發光
極點未相切時有電氣爆裂放出
電氣二極在眞空或空氣相離電氣附過成光發熱
吸鐵力阻眞空內放電氣
第五章論吸鐵性
測電氣器
定測電氣器之分度
切線測電氣器
正弦測電氣器
唐生回光鏡測器
唐生船上測器
卷五　論電氣吸鐵
電氣吸鐵力之例
回司對特考得電氣吸鐵之理
電氣傳行角形曲路之性
吸鐵條與電氣傳行之性
吸鐵氣之理
電氣行曲線路

法辣待考得吸鐵之理
無吸鐵力之處
電氣吸鐵轉動之器
電氣吸鐵條
電氣吸鐵發動之器
卷六 論吸鐵氣雜理
吸鐵氣遇光所顯
橫吸鐵質
橫吸鐵性之氣質
吸鐵力或直或橫係質點之位置
卷七 論吸鐵電氣
化電氣傳行而發附電氣
地球吸鐵附電氣
法辣待論哈拉果所得之理
吸鐵電氣器
電氣吸鐵器放地雷水雷
附電氣之理
第三四五次附電氣
羅密賈弗附電氣圈
附電氣所顯
電氣與吸鐵氣相似之狀
法辣待初試電氣吸鐵力
傳電氣銅絲之吸鐵性
軟鐵受放吸鐵氣而發聲
萬物吸鐵性
直吸鐵質
各金類吸鐵
橫吸鐵性
吸鐵附電氣
轉動而發吸鐵氣
吸鐵電氣發火星
吸鐵電氣發大火光之器
吸鐵電氣器之理
顯理銅片圈發附電氣
發附電氣圈
美國利記改造羅密賈弗附電氣圈
附電氣傳過各質而在真空成光層

賈西何考得眞空成光
眞空管內光層之變
以電光之色辨極鬆氣之原質
附電氣積於來頓瓶
卷八　論熱電氣
西白克考得熱電氣
發熱電氣器
鹽類燒鎔而發熱電氣
卷九　論電氣報
第一章論陸地電報
電報之始
色末令電報
司透尼拉電報
古客與韋思敦單針電報
電報鐘
電報所用發電氣器
地球傳電氣
磨而司點畫電報
西門司哈司客改磨而司之電報
由司鉛字印信之電報
全眞空不能傳電氣
眞空管內各層光之故
附電氣圈發大電光
金類發熱電氣之等次
減熱加熱之理
路關子電報
失令告司韋巴三人之電報
古客與韋思敦電報
古客與韋思敦雙針電報
電氣吸鐵標
陸地電報枝挂銅絲之器
地內藏電報線
電報增力器
好司鉛字印信之電報
吸鐵電報

打鐘電報
法國夫路曼得指字電報
自行電報
第二章論海底電報繩
總論源流
銅絲外包各質難傳之性
電氣傳過難傳之質
銅絲傳電氣之例
電報傳信減少
海底電報繩能傳之速
電報繩內電氣浪
電報繩容電氣之理
致知海底電報繩傷處
卷十　論電氣時辰鐘及諸雜法
電氣時辰鐘
電氣記時器
電氣試礮彈之把
電氣停汽車器
電氣指水高低器
電氣織布器
指字電報
韋思敦公用電報
海底電報繩傳科
銅絲外包阻質
阻質外包麻紗
電報繩之傳速
測電報銅絲容放之電氣數
海底長電報繩之附電報
電氣繩各段之附電氣數
試短電報繩
電氣測微時表
電氣寒暑表
電氣測船行速器
電氣自行漆鍋爐水器
電氣鐫板器
電氣發力之新法

英國　傅蘭雅　口譯
無錫　徐建寅　筆述

英國瑪挨德著

一章初知電氣至弗爾克令時

電氣爲近時之新學故於上古之書籍不多見中古雖稍知之而未能深明其理僅爲創始之基而已前百餘年忽然興行以至今日雖尚不爲成全之學然已爲格致內最要之事矣

電氣所顯之驗古人想已見之如天空之雷電聲光以及黑處摸猫皮而發火星是也古書初記電氣之說者在前二千四百餘年希臘國有考究格致之學者七人當時目爲聖人內有一人名大利司云磨擦琥珀能引輕微之物因思其理以爲琥珀內必有靈性摸擦之時氣即外發目不能見擦完之後其氣仍欲收入輕微之物近之即隨氣粘於其面物稍重大力不足以引之矣此後三百年地弗拉司土司書內載有一物似水晶能引輕物於其面此物想即今時地學家所謂土馬爺也普通稱

西厤紀元後數十年羅馬國人名不里尼所記二種魚有物近之即振動近年始知此魚爲電魚其發出之力同於琥珀與土馬令所顯之力五百年前有羅馬國人染得告脫之病而用電魚發氣治之此是電氣治病之始其言若確則古時電氣治病之力勝於今時矣又有果得王名朔聖馬者其身內能發光星又有博物士穿衣脫衣之時身內能發電閃

西名告脫病者男人多於女人常在飲食過多身體肥胖者勤健藝藝之人則無之然有讀書攻苦或心常鬱悶或多受外冷或多食酸物亦生此病並有自祖父傳下者其病狀在各骨節處忽然大痛但有先兆可見即腿冷而覺如針刺不能食而困倦身稍動而覺辛苦大便閉尿色白往往夜間忽痛如將骨節扭斷之狀苦楚不堪又覺節中有甚冷之水噴出者然耐痛數小時即能安臥出大汗次日如常若久患此病節中漸生白石粉而不能動

西厤紀元之後約一千二百年始有以電氣著書者但其間雖有人思究其理然亦未能詳悉明萬厤二十八年有苟白得著書載琥珀與土馬令之外尚有別物磨擦亦能引輕物祇因初知者爲琥珀故西人名電氣爲琥珀也依希臘語謂之以立克脫倫

苟白得以前但知琥珀土馬令石煤能現電氣之性至苟白得考知二十餘種內有數種寶石並玻璃火漆松香硫

黃依法擦之不但能引輕微之物尚能引各種重物如金類水油等繼又考知其性必空氣乾燥磨擦連接而輕能現極大之力若空氣潮溼其力不能多現

苟白得從其試得之事而後知磁石力與電氣力有別蓋磁石與鐵彼此能相引電氣之力須磨擦而生此物現力所引之物不現力不但此也磁石能引能推現電氣之物祇能引而不能推

順治年間電學日進有拜臘考試其理但考得之事與前人無大異祇添數種能現電氣之物說者謂拜臘初見磨擦生電氣而能發光但其書不詳想非其所初得也

拜臘論電氣吸力之理與古時大利司相同以為磨擦之物能現粘力之氣故於收入之時吸引輕物當時考究電氣者俱遵此言

後有馬克第白克城之地方官名格里格已考數種格理之事刱設抽氣筩與發電氣器

以前考究電氣之器甚是簡易僅用玻璃條或玻璃板或松香或硫黃以手掌擦之或以羊毛布擦之故顯力甚小格里格思刱法多發電氣用玻璃空球以鎔化之硫黃傾入待冷將玻璃打碎得硫黃球中用一梓為軸使轉動而以手按其外能得電氣甚多不但能見光閃且能聞火星之聲

格里格以前電氣有數種尋常之事尚未知之猶皮與綢緞亦未列於能發電氣之物內電氣之有吸力雖已知之而吸力與發光二事未在一物一時同見所以尚未知發光因電氣而生

格里格又考得電氣有推物之力試以輕羽粘於發電氣之物暫粘而即推開再不肯相引必遇別物傳去其電氣始能再引又見輕羽推開之後恆有一面欲向發電氣之物故當時留心格致者見月常以一面對地球乃謂月繞地球或因電氣之吸力與推力

後此未久奈端思得萬物向心力之理以徵前言之誤而格致之士俱欲考究奈端之理無暇再及電氣奈端考究電氣亦不詳所得之新理不過電氣之吸推二力又磨擦玻璃片之此面而彼面亦現電氣始知電氣能過玻璃片

格里格考得電氣有發光之性後有胡臘考驗得理頗多胡臘初思電氣所現之事與天空雷電相同磨擦大塊琥珀之時聞簌簌之聲每聲有一小光閃用指近琥珀即聞聲見光而指覺一推其聲與燒木炭之聲相同琥珀一擦之後手指遠置其上可得五六聲故擬此小聲光必似天空之雷電

格里格後四十年內電學無所增益試得之事但知其當然未知其所以然前一百四十二年有英人名固來嘗用繩一條以細線掛之意欲電氣傳於繩內但用者爲麻線電氣一入繩內即由麻線而散當時同試者名胡臘以爲麻線太粗以致電氣易於通過而散即以極細絲線換之電氣不散

但二人尚未知麻與絲一爲易傳一爲難傳思欲以金類極細之線代絲線電氣必更不能散不意金類更易散於麻線由是漸知萬物內必有此物易傳而彼物難傳

後有步思者深考電學始知萬物可分爲易傳難傳兩類立表分列各物細觀其表知磨擦而能發電氣者如玻璃松香等俱難傳磨擦而不發電氣者如金類俱易傳以後再考各物有易傳者有極易傳者有難傳者有極難傳者極難者爲玻璃與松香極易者爲金類

當時法國人名費將玻璃磨擦而近金箔金箔即推再將松香磨擦而近金箔即引見而異之再試一次仍然相同又試先用松香則金箔推後用玻璃而金箔引所以想玻璃與松香所發之電氣不同類即分爲玻璃電氣與松香電氣二種

費氏後又自言前說有誤電氣祇有一種前所見之不同乃一時電氣力大一時電氣力小大者能勝小者也但費氏自改其前說實不易解所言金箔遇玻璃推而松香引如引松香引力大則何以後來金箔能爲玻璃所引而爲松香所推後有人細考此理知費氏前說不誤至今電學家常以玻璃與松香分電氣爲二種

當來固時試驗電氣使人詫異以電氣能自人身發出光星其法以人髮作繩用此繩將小童掛起磨擦大玻璃管引電氣入小童之身旁人以指近小童即能發聲但當時未知其理實因動物之體多水質而易傳誤以爲人之生氣與電氣太有相關後費氏自掛試之因不便而立於玻璃足之櫈上或立於大塊松香餅上此法外傳各國之人俱喜試之但不能悉其所以然

乾隆十五年日耳曼有博物者數家細考以上各事之理同振白格城有傳授格致者名波士沒將玻璃球發電氣外加金類收器初時使人在玻璃球旁立於松香餅上手執收器後因不便改用絲線將金類掛於玻璃球之旁用麻繩引電氣自球至收器此繩之用與近時所用之銅梳相同又因一球所得之氣不足添用多球而將其氣引於一器之內所現之光星能使人自頭至足俱振動又云能打死小鳥然此恐言過其實蓋今時試此器用銅梳與水

銀鑑尚不能如此也

當時布路斯京都有路多夫者以電氣火能燒易燒之物使人立於松香餅而傳多電氣入其身內以手指近醇或燒倏忽焚燒此事初傳之時人人詫異不但格致家喜爲此事而路氏亦攜往各處演耍市利

是後數年格致者考得蓄電氣瓶此法爲電學特開生面蓄電氣瓶之法有多人爭爲已刱首當言爲來頓人名固尼阿司在乾隆十一年所刱所以名爲來頓瓶此器之法因試木勝不落克聚電氣法之時偶然得之將玻璃瓶內盛水使水收電氣用長鐵釘直通瓶塞至水內釘之上端與收器相通但木勝不落克雖得水內有電氣而瓶外無引電氣之料故不能成固尼阿司依其法試後一手執瓶一手欲將鐵釘拔出電氣忽通過其二手甚猛固尼阿司將此事告知木勝不落克而再以手執瓶其驗如前但亦未知其理又言來頓瓶爲賈明人名固來司得考出乾隆十年冬致書於布國京都人利白根云將粗銅絲一根置於玻璃瓶內其瓶預將乾石粉擦之使乾而置醇酒或水銀少許手執其瓶使銅絲近收器則瓶內發出電火執瓶行六十步而火滅若多蓄電氣於瓶內攜至別處亦可燒若立於難傳之物上則所收電氣比常法更多如將銅絲切於十五尺長之錫管則管收電氣極多因力大能將二塊薄玻璃打碎將此銅絲與別種易傳之物或難傳之物相連俱不現力已將其連於玻璃火漆金類等未受大力所以人必爲瓶增其力如手中執瓶則不能燒醇

固來司得試得之事與固尼阿司略同而稍早尚未知手中執瓶之理故言之亦未明暢觀其書不能依法爲之初用來頓瓶之最奇者能使人身振動昔人書內所記電氣之力過大故人有畏懼之心然所用之器小而不精其力必小而言其力與天空雷電相同誠虛話也彼時格致家試驗別事俱有條理獨於此電氣之事言之過實如木勝不落克致書於六麻云試此瓶時瓶內之氣打其二手與胸甚猛至呼吸幾絕二日之後振力始去又言將法國造我亦再不肯試一次矣

木勝不落克之友名阿臘爻得常與同試各事三第一次受電氣入身內數分時氣絕右手覺甚痛然平常無不西格人名溫克頓云第一次受電氣時全身痛苦難堪乱動頭覺甚重如戴大石必服寒涼之藥使血輕活次受電氣時幾中流血

前言過傳西國俱以爲甚奇雖有盡力之人未能

而人尚欲試之又有多人以電氣爲業攜器往各處演與而格致家則考究來頓瓶之理以瓶外加金類皮一層其瓶宜大口者易於內面加皮一層而更靈

又有試得電氣力同時傳過各物之速如法國王使兵一百八十名各人以手相接其首末二人同時一以右手執瓶外一以左手按內層相連之線各人齊受電氣之力後將數瓶并合則電氣增多數倍能令易燒之物焚燒雖金類細絲與金箔俱能焚燒小動物亦能震死

以上所用之器尚甚小電氣力必不能甚大其言若此恐不其然數年之後能造極大之器能生極大之力今時之人不敢嘗試而彼時之人反敢使人受之乎如弗蘭克令用玻璃缸數隻每缸可容六軋倫以收電氣而欲以雞試驗震死之事偶然不愼傳入已身不過言人受之電氣力比從前受者更多其氣通過之時如周圍有物打之甚重者再後百體震動甚速數秒時後而畢數分時後知覺漸復此事因誤而得故未聞其聲手之傳入電氣處雖稍麻而亦不覺有痛惟手與頸一夜後麻木胸前七日尚痛如打傷者

乾隆二十年弗蘭令用電氣試一事今時之人無敢試者用大瓶二箇以六人爲之電氣俱未裝滿第一人之頭接於傳電氣之桿而手按于第二人之頭第二人之手按於第三人之頭其餘挨次如之末一人之手中執鐵鏈通于瓶之外面將傳電氣桿之彼端連于瓶口之銅球六人同受電氣俱忽跌地電氣乃斷而各人立起俱言未覺電氣打之之力不知因何而跌並未聞聲亦不見光此法尚是不甚危險又有一次一人受與前相同之電氣力通過其腦而傾跌亦未受傷又有病女欲以電氣治其病立起之時俯視其足而頭過發電氣之瓶忽跌於地立起之時覺有微痛蓋人受電氣力之時非搖動而跌亦非僵仆之跌乃足軟無力而矮下也電氣力若極大必能傷人其死之速未有別法比之者

弗蘭克令所用之大力電氣器能使鋼針有吸鐵之力雖前此已有試做者但不如其之詳

有胡特生與賈分第詩等試得電氣傳過金類之絲能極速極遠又試得傳過水質與傳過土質之別如乾隆十二年有線橫過達迷斯河又在別處用金類線長二英里藏於陸地氣之傳過無間時

從此試得之事知地中能傳電氣乃後來電氣報之攸賴也又有白加靈阿試得傳電氣之雜易依體積數之多少其試法用大小二管滿盛水使電氣傳過大管易傳小管

難傳

來頓瓶之理人尚未明祇知瓶與地球分隔則不能蓄電氣故弗蘭克令以前無人能知其瓶之理粗知瓶外與瓶內之電氣不同類又瓶之一面盛電氣則彼面必有等數之電氣放出故來頓瓶之一面必與地面相通否則不能放出依弗蘭克令之理來頓瓶內盛以磨擦玻璃之電氣則瓶外亦滿異性之電氣設內外二面相通則二氣亦相合其瓶仍若未蓄電氣之時

弗蘭克令比昔人更精知電氣力在玻璃而不在內外之金類皮金類皮僅傳電氣而使聚於一處此有法以證之將瓶內外之金類皮不作緊貼面可取去瓶內滿電氣後換以別皮其力仍同

弗氏謂來頓瓶之理尚未明暢可將胡特生所言之理推廣以補之如磨擦玻璃等物不能發電氣祇能改各物蓄電氣之數使此物有餘彼物不足所以設正負二字以記電氣之狀但此理之本乃各物之電氣原是一種因有餘或不足而顯二種之力故二物一為正一為負則彼此相引二物俱正或俱負則彼此相推其相引不過使電氣平均也

依此而論來頓瓶之理甚合電氣所顯之各性即如連內金皮之金類絲近於發電氣器之引桿時則因引桿之電氣有餘而欲分其電氣於瓶內瓶內已有電氣所以自必放出其本電氣而使地皮受之放去外面電氣之時則瓶內面有正電氣而外面有負電氣內外之數仍必相配此因瓶之上半不用金類皮蓋護并有四面之空氣阻之不使相通故也若內外有物相通則正負相引而相合

弗蘭克令所論二體之內有負電氣必致相推此理似有難明之處所以格致家仍信費氏之玻璃與松香有二種電氣之理惟英國大半信弗氏之論因電氣所顯各性各理自弗氏論之而更明也

二章弗蘭克令至初知化電氣時

弗蘭克令專考格致之事又能刱法而得各事之據故不限於前人之觀而自能深造初設電學之時有數電學者見光聞聲而思必與天空雷電相似如胡臘論及此事之時世人不甚明電氣之理故以為空言後有來頓瓶之法竟可試驗打傷物類與天空雷電相同惟分力之大小而已

奴里所刱各事與弗蘭克令甚相似乃弗氏之先導也奴里云倘人能考知天空所作之雷電與人所作之電氣相似之據人所作者小而為玩耍天所作者大而能驚人即

將天空之風雲熱力與人作之各電氣器相比如雲與地面之物相對雲之電氣有餘能傳於地球之物如此事有據則余甚悅焉今時習電學者見人作之電氣與天空之電氣有許多相似之處如萬物有電氣易自燒又易燒物又能打各物內外無不到之處試演來頓瓶電氣愈大力愈大則可想人造之電氣爲天空雷電之小樣從此而天空之雷電更易明矣

弗蘭克令之前未有以雲中之電引下而確知人造之電氣與天空之雷電爲一物之據弗蘭克令考得此事賴好不金生所告之事也好不金生將一鐵球內有孔插入一針而針尖向外將球蓄滿電氣之時想電氣力必聚於針尖詎針尖不能增電氣之力而反毫無電氣因電氣力俱爲針尖散去也即將此事告知弗氏弗氏立究其據知球有針相連之時不能蓄電氣隨將針拔去使球滿電氣另有物通入地內以其尖近球則球內所有之電氣俱入地內而散去

弗氏從此悟得其理如有金類尖桿在甚高之處必能將天空之雷電自雲中引至地下但所居之處無有高處可以試驗而當時適造禮拜堂之高塔欲待塔成而後試之塔尚未成而已傳其法於外託人於便當之處試之

弗蘭克令復信於查司頓人里寗云來示詢及將天空電氣引下與人造電氣相同之法今自日記錄出數節相告其日記之內逐日登記擬試之事并欲試之故并試畢後所見之事內有一條在乾隆十四年十一月初七日見器所發之電氣與天空電氣相同之處有十二事一能發光二光色相同三光路彎曲四光動極速五金類能傳引六同時發聲七能藏於水八傳入物體即使破裂九打死動物十鎔化金類十一能燒易燒之物十二發臭如硫但器所發之電氣能爲尖物相引未知天空電氣亦有此性否以上各事相同大約此事亦必同擬實試之方爲有據

有法國二人打里巴得與得路閏知弗氏之說即刱器以收雲中之電氣打氏所用之器爲尖鐵桿長約四十尺下端入於室內以木桿接之用絲繩縛緊取其不傳電氣一日打里巴得有要事出外托本工名酷非愛守此器乾隆十七年五月初十日申初忽發大雷酷非愛急入室內依打里巴得所教之法將瓶內置一銅絲與鐵桿相近能發大光與大聲再試第二次光聲更大呼鄰人速來觀看並請教師來看因伊最喜格致之事也彼時兩甥甚大敎士見鐵桿發大星點而有藍色長一寸半有硫臭四分時內發火星六次有一次電氣入手內而大受振動見手上有

痕如以棍打傷者立刻致書於打里巴得從此知器發之電氣與天空之雷電相同

八日之後得路之鐵條長九十九尺者已成亦得電光法

國王與各大臣臨觀

二人之事弗氏尚未知之而恨其塔之不速成故設法放風箏以收電氣是年六月見將發雷電之時試放風箏然恐不成而被人嗤笑故與其子同往如爲其子所放者風箏作法用二根薄木片相交將方塊絲布四角釘連於木片之四端上有尖鐵絲以收電氣用平常麻線下端有銅節以絲帶連其上而手執絲帶放之

風箏已高之時有迅雷疾風但無電氣現出久之弗氏以爲必不能成忽然麻線外之毛直立如收電氣之狀將指近銅節見火星發出再試一次亦相同因未雨而繩乾故不甚能引電氣迨至下雨之時火星甚大遂用來頓瓶收之

後弗氏在住房上置鐵條上端作尖鋒下端入房內用小鈴連於桿有電氣來則鈴舌動而有聲可知電氣之有無有時各鈴甚響滿房俱聞

電學有益於人之第一事爲弗氏之引電氣桿可作於最高之處而免房屋之雷擊因電氣欲近屋頂之時桿即能收之而入地內船桅上亦可用鐵條引電入水內今時船屋用鐵條合法者俱免雷擊之害

雲內得電氣之事佈傳各國格致之士俱喜親自試驗有因不慎而受傷幾死者尼臘人名羅麻司於乾隆二十一年八月用風箏長七尺闊三尺絲中包以細銅絲使其傳引電氣易於蔴線用錫管連於線之下端錫管連以絲帶下垂距地不遠風箏高六百尺錫管連發星光徑一寸長十尺有一次發大聲見電閃自錫管入地內將地打成大孔羅麻司覺其面受電氣之力與人製電氣所發之力相同即退後遠離恐受其害也初放風箏時執繩而受甚大之電氣力又有犀米愛與白地愛二人用此種器爲雷擊跌地又有多人受大小各傷

乾隆十八年八月二十六日俄國京都人里知門爲雷打死因設試電氣力之器天雷時其頭向器一看相距一尺忽發藍色火球大如人拳直入其頭內而立死又有人名所羅可受電力跌地後云未聞雷聲但覺全身無力而跌後見其房內各物駭電力之大房門打裂鉸鏈拉斷門亦落下

里知門之額上有紅點外皮未破血腫於內亦有滲出者左鞋襪裂裂處之足皮變藍色如電氣入其頭而出其足

者身之別處有數紅點與藍點無有被損死後一日有人割開其身見腦殼未受傷腦髓亦無病但氣管變嫩易於撕破肺之小孔稍有流血喉與腸俱生炎其尸易臭腐二日之後難以斂入棺內

空中電氣遇人身與來頓瓶內之電氣相同有人親身試驗一日天大雷雨有一水箱滿水有管通水外出欲塞其管使不流恰引電氣傳入右手因肘尖靠箱故由此而出未入身內速即退後所得極大雷聲幸有通水管甚多將電氣引於地內因知傳入手內者不過全電氣之極小分也

試得傳引天空電氣之法後有人欲試雲中之電為正為負乾隆十八年春弗氏試其桿每次俱得負電氣故誤以為雲中電氣俱是負所以每次雷時為地打雲而非雲打地後又試過所得皆為正電氣又有人試得雲中之雷一日之中有正亦有負

夫桿並相連之物不但能試天空有雷雲時之電氣雖清朗無雲之時亦有電氣自加利阿細考此事之理知電氣在天空之內與一切風雲雨露霜雪雹霧等大有相關但自白加利阿至今未有人考出更詳之事

自康熙三十九年至嘉慶五年雖得數新理然以人造之電氣與天空電氣相同之理為最要其餘無有大益於人僅以電氣之性情與動法可為生趣之事而已

干頓考知電氣之引性當時人以為無甚道理後則能徵電氣所顯之數性如電氣學初行之時能發電氣之物受擦之後與遠距之物相關之理人多未之知也迨干頓試知發電氣物受擦之後能使周圍受力之物有異性之電氣又如將難傳之物分隔易傳之物使不通地而近已擦之物此物之電氣若為正則易傳物相近之端亦為正而相遠之端為負若取開而置別處則歸為原式若於近已擦之物時將遠端切來頓瓶少頃則能放其一端之電氣取去已擦之物瓶內仍留電氣甚多干頓與弗蘭格令二人論此事之理謂月體之周圍俱有電氣此電氣彼此恆能相推

衣比奴司與韋扣二人同考附電氣之理而想同時擦二物使發電氣其二物相距不遠當中以金類板二塊分隔之則二板間之空氣能容電氣如玻璃片二面加錫箔相同試時用金類圓板並置相距數寸在不通地之架上用收電氣桿將上下二板相連則發大聲如收來頓瓶之電氣相同

附電氣之性即可自來頓瓶之用想出之因弗蘭格令已

知玻璃二面之電氣爲異性相但于頓用此法之前未知正電氣能附過空氣而至負電氣

于頓考知磨擦之各材料或而有光毛或擦之之物不同電氣正負俱能改變惟玻璃不易改變而恆發正電氣然將玻璃條在猫背上擦之或將玻璃磨毛用常法擦之俱發負電氣于頓又作水銀嘗敷於擦面使電氣易發爲今時所常用

乾隆二十四年雪麻司嘗駁弗蘭克令所論電氣爲一種不相平即有正負之理歷試各事以爲電氣必有二種彼此相對同時發現不能有此而無彼此理約與費氏所言之理略同而雪麻司亦用玻璃與松香之名其與費氏不同者費氏以爲二種電氣能分開發現不能相合此與所試各電氣之事不相合

雪麻司仍言玻璃與松香電氣之名雖當時人未嘗信而後來歐羅巴電學家亦多遵信至今不廢惟英國仍信弗蘭克令簡便之理而常言正負之名步里司德里詳考雪麻司所言之理仍信弗蘭克令之理然亦云電氣所顯各性用二種電氣之說與用一種電氣之說無不相同若論其相推之性則二種之說比一種之說易明惟一種之說比二種之說爲更簡故今仍遵電氣有一種之理不改

衣比奴司與賈分第試以算學考電氣之性得其引力推力之數乾隆五十年果倫伯初設測電力之器以測相引相推之力名爲扭力稱作此稱之法用絲一條掛一舍來克（師紫草背）所做之細針再以燈心草之小粒外包金箔連於針之一端另有小球容滿電氣近於針端之小粒則針爲所推掛絲之上端有螺絲將螺絲旋至仍相切有度分可見絲扭過若干而爲力若干此器甚靈電氣有力二萬分釐之一尚能指出

果倫伯用此稱試得電氣之理凡容同性電氣之體彼此相推之力與相距之平方有反比容電氣之兩體相引或相推與其所容電氣之數有正比與相距之平方有反比果倫伯又考知凡容電之體雖不通地電氣亦仍爲空氣傳去因空氣常含水水能傳電氣也雖外以難傳之物分隔電氣亦稍有傳過繼又考知凡擦物使發電氣止聚於體之外面與內面無涉

設扭力稱之前數年弗而打設增電氣器能顯附電氣之性凡有不通地之金類板與已磨擦之松香餅相切或與別種平面磨擦而發電氣之板相切則金類板立容電氣但此非因松香餅傳過之電氣而以其附過之電氣也其金類板二面之電氣爲異性切松香餅之面爲正而彼面

爲負相切時以手指或他易傳物近板則負電氣發出成火星執器上半之玻璃柄而取開而試此板有正電氣發出火星約長一尺依此法相切多次可多發電氣不必再擦松香而可容滿多來頓瓶其松香之電氣亦不減小

嘉慶五年前電學要事之餘法國爲拉夫西愛與拉不拉司考得流質化氣或强水消化定質以及忽然變形忽然變化俱能發電氣蓋電氣與化學變化各物大有相關自此以後知化分各物能發電氣與用電氣化分各物之法

三章化電氣並兌飛所試各事

嘉慶五年後電學加添之事比前更多蓋初剏之時不過如萌蘖之生後則漸長漸繁然亦俱爲偶得之事而非依理考知者故雖有其法尚未明其理也

步路捺人名賈法尼者素習醫學實剏化電氣之源亦係偶然而得嘗有事出外其妻有病買得田雞爲藥於搖動摩電氣器之旁剝皮去腸偶有小刀切於其腿其腿忽然跳動賈法尼歸而妻以此事告之乾隆五十六年賈法尼著書云將一田雞剖開查看臟腑桌上適有摩電氣器一具學徒搖動其輪以發火星左手恰執一小刀切於田雞之脊髓田雞之腿立即跳動屢試皆然再用別種金類傳電氣入田雞亦即跳動非用金類即不動余初意動物之筋肉能動必賴電氣及見此事可爲確據再想多法考此理用摩器與收筩等試之又在屋頂出尖桿以引天空之電氣挂田雞腿於桿下每發電電田雞腿亦即跳動間有不發雷時亦跳動者又將田雞用金類之鈎挂於鐵籬笆上無論天氣陰晴與田雞之動不相干後想田雞之動不在天氣之如何也又將田雞腿之外筋與腦筋用金類連之其腿亦能跳動此時未爲別處電氣所傳故知筋之能動必是田雞身內自發之電氣同於來頓瓶之內外二面也用金類連之同於來頓瓶之銅絲使二種電氣相合也賈法尼平日歷試電氣之各事則見田雞之跳動亦不過謂電氣傳過動物之常而已蓋電氣傳過動物而動前人已有見之者亦不甚介意也惟言能動之故更確賈法尼因已存動物自發電氣之偏見偶得此事適合其意而即播傳之矣其理雖謬然引人得最要之眞理者亦在是

常人見田雞之事俱以賈法尼所言動物自發電氣而動實是確據考究動物學者亦以爲然且以人與萬物之能生活俱賴電氣惟有弗打者不信此言且云能動故在物之肉與筋帶然以金類相切筋帶與腦筋而能動實賴所切之金類而非身內所生之電氣弗打所言之據乾隆二十五年蘇勒沙將銀一小片與鉛一小片同置於舌上而

發可怕之味也

蘇勒沙之所試者將金類二塊一爲鉛一爲銀二邊相連置於舌上其味甚奇若不相連毫無此味想因二金類必有一者消化成流質故入於舌內成味也或二金類相連其質點能感舌之腦筋而使現此味也

弗打嘗謂用銀板與鋅板多塊相連必能顯電氣之力故將鋅板與銀板相間累疊中夾漬水之泥以得多塊積聚之電氣力遂以所試之事致書於英國盤格司嘉慶五年六月二十六日盤格司在英國博物會內將其書讀示衆人云使數種金類相切能發電氣若不直相切則其間可置流質或流質漬於別物之內使電氣傳過故造一器能發電氣似來頓瓶推更似發化電氣器而能久發電氣不息

用銀與鋅之圓板徑約一寸銀鋅二板相間疊積又用皮或紙溼以清水或鹽水夾每二板之間有板二十對又有增電氣器所顯之電氣能使賈路法之測器轉過十度至十五度用線將首末二板相連即能發光星二手各執一線能覺電氣傳過手指用板五十對覺電氣傳至肩若祇傳於一指其痛難受

弗打所用之器不甚大而云其力如此之大者必係見二銅絲端相切電氣燒銅絲而發之光誤以爲電光星也若欲見電光星必比弗打之器甚大始能有之

弗打所致盤格司書中之事有費多時而考得者先用圓板疊積以爲不便次用多杯排列成圈每杯之內置鋅與銅各一塊以金類絲連其各二杯之銅與鋅杯內盛鹽水所得之力比昔時更大雖不及多連來頓瓶之力然所發之電氣與電氣魚所發者甚相似弗打尚未知之也

弗打所試之事雖比賈法尼更好或謂祇可爲賈法尼所試之據餘無別用也初殺之動物以電氣傳過使其四肢自動使人畏懼後有人業此以取利者又有將此事加以變幻戲法使人見之更畏者當時因弗打所設之法初爲賈法尼之據故即名爲賈法電氣器傳至於今此種電學誤名爲賈法尼電學

嘉慶五年初傳此種發電氣法之時人尚不知爲摩電氣變改之性而以爲另是一種電氣近人始知同爲一種也二種電氣之所相同者俱能使人身有覺俱可立傳多人俱能燒物俱能使物熱俱有引推之性俱能依化學之法變化各質易傳與難傳於各質亦相同惟弗打電氣用多板而力更大能發光星

化電氣與摩電氣之別化電氣有長久之性摩電氣則一

顯即息其濃淡亦不同弗打電氣數多而甚淡摩電氣數少而極濃

化電氣器與摩電氣器法不同故所顯之性亦不同二法之電氣各適其用如摩電氣極難化分物質弗打電氣最雖附過空氣近來胡拉司登兒飛法拉待設法以證摩電氣能變化物質之據格羅司用瓶二千箇相連以發化電氣其濃即附過空氣發光星甚速

弗打刱此電氣之後多有人設法將其器改作更靈更便近年所造之器甚多惟弗打多杯排列成圈之法遵用不廢板作更大使電氣數更多再加甚多電氣杯相連使電氣濃更大得勒克又設電氣堆不用流質山步尼將其法更精之以圓塊之紙一面粘貼最薄之鋅皮一面勻敷錳養黑粉每紙圓徑約一寸層層相疊鋅皮與錳養相切壓緊之後置於玻璃管內若用紙一萬層成一堆能發頗濃之電氣能使測電氣之金箔張開又能發小光星又能容於來頓瓶內又可推引輕物與摩玻璃管相同此器可現力歷年不息如將此紙一千塊連於小鐘擺略能使永動用此法比別法更近永動之法

此器發電氣之理因紙原含水其在鋅與錳養之間與在鋅片與銀片之間相同其紙雖甚乾然能收空氣內之溼氣故能恒發電氣

弗打以為其器之能發電氣者因不同之金類相切也杯內之水止為傳遞二板之氣用鹽水者比淡水之傳更易也胡拉司登云電氣之發確因水之變化鋅質也後來兒飛設立多法以證弗打電氣實因變化物質之據又設一器不用金類能發電氣於嘉慶六年十一月用玻璃杯十箇每杯置木炭一塊用硝強水與清水相間盛於杯內所得之電氣與鋅銀者相同近來法拉待設法知用平常材料不使金類相切亦可發電氣各西國之格致家俱以為金類必須相切而能發電氣以得勒克之器不用水而相切為據

化電氣以物質變化而發當時之人疑信參半然其能變化物質確有最奇最要之性故今名為化電氣弗打傳佈其法之後兩月有果果生與賈來里二人仿製其器化分清水而得原質兒飛又用二杯盛清水將電線通進二杯一得養氣一得輕氣後依此法化分多種雜質其雜質內有硫黃或金類與養氣化合者則硫黃或金類往負電氣之端養氣往正電氣之端由此各事等想電氣與化學之愛力相同

兒飛考知化電氣之性其濃與板之塊數有比其數與每

板之面積有比後哲得令用最大之鋅板與銅板各一塊所發之熱能鎔極耐火之金類

化電氣器可以化分各質故化學家用以考驗各雜質之原質將數種酸質化分而得之又將阿摩尼阿水化分初知其原質爲淡輕不色利由司將中立性之鹽類化分使其原質往應當之正質其配在銅之端而本在鋅之端以上各事俱印於當時之新聞紙與格致書中此後理愈精而事愈詳矣

格致家試得新事原有格致新聞紙內有一則云近有比而者將極清之水屢次化分見水內忽有食鹽結出歐羅巴各處格致之士聞此說而詫異之有自試之者有言海內之鹽亦因此理而生者後未久而知爲欺人之言不但無此理亦無此人其說出後多時始正之試此事之人已不少矣久久而始知實有此事因化電氣傳水多時即能見所結成之鹽前因不知其理而詫異也此事與近來有人能將電氣生小虫之奇相同兒飛細究此理知其鹽類或自所用之銅絲變化而成或因盛水之器變化而成遂用難變鹽之料盛水所成之鹽愈少近用極淨之不灰木代銅絲用瑪瑙杯代玻璃水內可無一點鹽類礦類泥土等質

兒飛考試前事之時偶得鹽類之本質知爲金類之質此爲化學內最要之事反賴前者欺人之言亦奇事也

此書不專論化學惟鹼類與泥土可化分而得其原質且能顯化電氣化分物質之力故用化電氣考鹼類與泥土之原質爲電學與化學相同之處

兒飛以爲化電氣器與化學家大有用處嘉慶五年八月初六日兒飛日記云弗打臬果生賈來里所刱之化電氣器最奇以之化分各質求原質大有用處六年之後有一次開講化學之理云以化分之新法得原質惟所用之材料必若干濃電氣之力必若干大方可因各化合之愛力合所言之新理則化合之力雖極大亦必有界限故所用電氣器亦可加至極大至其限自能化分矣

兒飛又設法以電氣之力勝原質化合之力先將鉀養化分求知其原質因當時已疑各鹼類爲雜質但未知爲二原質合成者

初時難使電氣入鉀養鉀養定質者極難傳電氣消化於水則電氣止使水化分後用熱鎔化鉀養而化分之分出之時速成易燒之質即今所謂鹼屬金也

所得之金類名鉀遇水立燒浮在水面又成鉀養或將此金類在乾養氣內燒之得乾鉀養

兌飛之弟云兌飛試考鉀鈉得其原質之鉀鈉金類喜慰之極因蓄疑之理一旦有據也兒鉀自鉀瓮內分出過空氣而即燒亮極幾成瘋疾在房內往來跳舞久之始定

兌飛試此之器用方十二寸之銅板鋅板各二十四塊方六寸之銅板鋅板各一百塊方四寸之銅板鋅板各一百五十塊共為一副但化電氣器所發電氣之數依一副內最小塊之面積故兌飛所用者電氣力等二百七十四板各方四寸者後兌飛借用英國博物院之器有方四寸之板六百塊後有多人公湊造一器有板二千塊

兌飛以化器考得以上之要事各國之人始知電學與化學大有相關故造化器者比昔時更大或言法國主掠布倫閣英國格致家能化分鹻類得其原質有不悅之意遂詢博物會云何以本國不能考出對以電氣器之力不足王命速造極大之器親臨觀之手執其線又將線置於口內不意電氣之力甚大幾至昏迷少頃而甦強能行步再不欲觀再不言電氣矣

化電氣既能發大力化學家藉以考得原質數種有雜質從未知其為何等原質者用電氣化分而後知之火爐極大之熱不能鎔者電氣能鎔之有將金鋼石置電氣火內燒盡知其質同於炭

兌飛又依化電氣之理可使船外銅皮不銹因二種金類相切置於鹽水內一消化速而一消化慢如紅銅在鹽水即銹有鋅切之則不銹故將紅銅皮加以鋅條銅固不銹惟有海草與殼虫粘於其上反不如生銹而不粘者所以知其法之無用惟由此試得之法而以鋅銅配合之雜金為之適合船皮銅之用

四章吸鐵電氣並近時新理

嘉慶十三年包司托著書論賈法尼電氣之源流云近來多年電氣之事未得新理想因其理已盡也此後一年又得一新事即吸鐵電氣

初有電氣學之時已知吸鐵氣與電氣相似亦有謂其相同者如弗蘭克令並各電氣家用摩電氣使小鋼條有吸鐵力又知電氣能滅指南針之性又能反其南北極

乾隆三十九年不費利亞邦出題曰電氣與吸鐵二力或為相似或為相同以何法在動物內顯之有能確言其理者贈以錢有云相同者有云不同者其錢乃送與言不同之人此後多年未有人試得二力或同或否之據法拉待云兌飛與永氏二人所試者知電氣與吸鐵氣相同但因昔人誤會其力所發之法故多試各法而未用正法蓋未將指南針挂於化電氣傳過之線也

丹國京都有教授格致者名奧司太特於嘉慶十二年著書論吸鐵氣與電氣相似內有一款云化電氣比摩電氣更穩吸鐵氣比化電氣亦更穩所以人宜試穩電氣能動指南針與否但雖有此言而未之試驗別人試過與否亦未知之然當時若將指南針一近化電氣線即已知之矣此後十二年奧司氏自試將指南針近於弗打電氣線知電氣有吸鐵力無論電氣傳於何物或金類或流質針俱能偏針在上則向左偏針在下則向右偏

此事傳後各格致士細考吸鐵氣與電氣相關之事如法國博物會內安比而與阿拉果二人見吸鐵力與電線彎處有切線之向故將電線繞成螺絲管即能增吸鐵力能引鐵屑此為阿拉果試知電氣能使鐵與鋼變有吸鐵之性也完飛稍後於此時亦得此理當時尚未知此人先得此理也

既知電氣傳過銅絲繞管之時有吸鐵之性又知電氣斷時吸鐵性立絕不若吸鐵條之常顯吸鐵力後又在管內置鐵一條其鐵即有吸鐵之性若鐵為最純而軟者電氣一斷鐵之吸性立絕繞管之各絲愈密則力愈大恐銅絲太近則相切相切則亂故將銅絲外包以難傳之物初時用漆後來漆外再繞絲線或棉線

銅絲外包難傳之物能用法增吸鐵力至甚大不但銅絲能繞成管甚緊又可多條絞繩而將繩再繞成管亦可多加數層俱能增大吸鐵力其力可吸一頓重之鐵惟電氣一斷其力全無

後有人依前法而知電氣附至別物之理昔時已見電氣傳於甚長之線其火星與聲比短線更大而其理則未明也後知傳於長線則生附電氣如有第二條銅絲與第一條平行即能引此附電氣而第二條絲兩端相連電氣即自第一條銅絲附至第二條銅絲之內而第二條銅絲末連接於發電氣器也如第一條銅絲忽斷之時同時將第二條銅絲之兩端忽然相切相離則相離時發極亮之光星而第一條相離之時火星淡至幾不見如第二條繞第一條多次則附電氣增至甚大如第二條用外包難傳物之極細銅絲且甚長繞於第一條銅絲之外多次第二條銅絲之力甚大甚奇依此法而用兩塊金類板發出之電氣可至極濃可使動物振動甚猛摩電氣之狀大半能見奧司氏見電氣傳過銅絲時以橫交之向能動指南針無論置於何向俱能如此故以為電氣吸鐵性欲使指南針繞銅絲而行安比而亦有此意法拉待初設甚巧之器不但能使吸鐵繞電線而行又能使電線繞吸鐵而行此略

為安比而之理之據安比而云吸鐵氣恒圍住體外行圓線而鐵有吸鐵力然動力俱直行而現何以此力繞行而現似乎不合於理或其繞行與別行曲線者相同即有二力以兩向而現

吸鐵電氣既能轉動又能現大吸力當時以為可代汽機使各機轉動雖未能與汽機相比而今尚有設法造之者化電氣原來不濃故用測驗摩電氣力之器不能測知其力必用極多之板得極濃之電氣方能測之如比比司試用金箔顯器測化電氣之力其器亦已甚靈然用數對板者不能測得其力後用板八十對能使金箔張開如板少於八十對則毫不能動

考得化電氣有吸鐵性不久而有人作器用其吸鐵性以測化電氣之力因已知用多層繞成銅絲管能增電氣之力故作極靈之指南針以極淡之電氣傳過螺絲管即能動針是後測電力之器愈精至極微之化電力亦能測之既有測驗電氣力之器或思以同類之器可通信至遠方此法愈求愈巧用二銅絲與測驗電力之指南針觀其偏度則通信於最遠之處竟能彼此相應但當時用電氣報信已非新刱乾隆三十九年有法將摩電氣傳過銅線而使樹心球搖動後又用化分清水及將摩電氣傳過外包之銅絲亦能傳信道光十年安比而使指南針偏動道光十七年蘇格蘭人名阿里山達用此法在倫頓初作電報但每字母另有一指南針與一銅絲不便用

電氣報之漸興於道光十七年安比而刱法之後至今有二百餘人各設新法稟報各國多賴吸鐵氣近來又依化學之理但用一條銅絲以傳信比人之寫字速十倍又有法可印成書信而抄寫同式之字

法拉待考知電氣之各性以電氣傳過銅絲既能發吸鐵力想吸鐵力亦必能發電氣此依銅絲繞管能增電氣並測電氣力之靈動以徵其理故於道光十一年試吸鐵電氣法後竟得大益

吸鐵能成電氣初時用銅絲管並測電氣器管內置鋼吸鐵條測電氣器毫不顯電氣力忽取出時其針速偏又忽放入針亦速偏本年十一月法拉待以此法發出電氣尤星云換用電氣器近銅絲管取出放入時所得之力更大蓋以銅絲管傳過之電氣變改更速繞鐵之銅絲一通電氣管內之鐵有吸鐵力而鐵亦發電氣與銅絲忽斷忽續所發之電氣略相連

依此法所得之附電氣極濃其方向與原電氣相反附電氣之銅絲圈愈長則力愈濃如銅絲圈甚長者兩塊金類

板所發之電氣等於多塊金類板之濃

用法拉待所試之事造器愈精今已多用此法成電氣以鋼吸鐵條作器能發之力與化電氣器同其性略同最濃之摩電氣此種器所發之力人不能當能發大光星能化分各質又能發淡電氣而數甚大能鎔金類之絲亦可使物得附吸鐵力又能與化電氣大板一對之功用相同以此法發電氣不用化分之料摩擦之力可得電氣之大力鋼吸鐵條能附成電氣雖爲法拉待所考得然其意昔已有人知之但未盡心講求耳嘉慶七年四月新事月報云日耳曼格致家與化學家俱欲考究化電氣與地利國京都有人考知新法用吸鐵一條代化電氣能化分情水同於化電氣與摩電氣因知磨電氣化電氣吸鐵電氣三者之相同可知昔人久知此事以爲無用而廢棄之深可怪也後人拾其所棄而重新考究加以新理竟能獨成一法爲格致之要焉

考知電氣吸鐵之明年西司比克考得發電氣之新法名爲熱電氣其理使物冷熱而得之用二種金類如銻與鉍各一塊兩端銲連即於連處加熱而兩端加冷亦能發電氣而使測器偏動金類之有此性與其能發化電氣與其傳電氣性俱無相干西氏初造之器用銻與鉍共四條連成方一此角加熱對角加冷

後有奴比里與密奴尼用金類數條銲連發熱電氣能顯電氣之各事如發光化分清水並吸鐵等事惟所發之電氣不多故至今不爲要法格致家云地球之吸鐵性俱爲此熱電氣之理乃太陽所曬之熱發電氣常繞地球流行故南北二極恆有附吸鐵氣

西司比克之前已有知熱能發電氣者但以爲僅有顆粒之物能之康熙五十年法國博物院有立未利者出示一石加熱即能吸輕物此石今人以爲土馬令也又奴邪公用土馬令試得電氣數事然初知其因熱或摩者爲衣必奴司也哈回考知土馬令之電氣在兩極最大離極愈遠電氣愈小打碎之則每塊俱有二極後又考得多巴司等寶石並同類之顆粒質加熱之時俱能發電氣不路司塔近來考得數種鹽類亦有此性

道光十二年法拉待細考電氣化分之力隨時印於格致書內所有最要者云用電氣化分各物則其水內各雜點內之原點彼此互換仍成雜點兩端自有一原點分出矣由此可知流質中雜點內之原點化分而再化合化電氣藉得傳過又云電氣化分各物其數有一定之法如所發電氣之數若干則化分之物無論爲淡水或鹽水或酸水

或鎔之流鎔其數必相配如今何數爲一而若算其各數必有比例皆依化分之質或力之大小

法拉待用電氣化分物質考知質點依電氣傳過之路而移其電氣之力能敵質點之愛力果如此論則其力似因體內所現非自體外加於二極點者矣

陰拉待以電氣化分物質其名目尚嫌不合故欲依所得之各事另設新名而去舊用之名法氏原爲格致名家雖已議之亦有畏難因格致之事欲換新名必解說其命名之意必致甚煩恐學者難於記憶

格致家所用之名目念簡念好然須能指其物其事之性此言者名內字意或致混亂

昔時電氣各種之名依人所借從各種之理而定之故有加減正負陰陽玻璃松香等名又有摩擦電氣玻璃電氣金類電氣弗打電氣化電氣等名各種材料於電氣有難顯有易顯有難傳有易傳又如化電氣器之兩端名之爲兩極英國人則用希臘國語加入本國之語法拉待命名之後尚疑其不好而欲改之更簡惜其所與商酌之友喜學古語而非盡出於其本意也

此書欲講明電學使人易曉故所用之名最簡

弗打之電氣器原用各板疊積而成後來改變其式造鎔鋅光十二年但以里形故常發電氣之器與電氣鎔金之法有相關

弗打所初排列成器之法初用之力雖大以後必漸小因板面生輕氣小泡並成鋅養一層也但以里欲免此病將浸鋅之流質與浸銅之流質用薄皮分隔電氣仍能傳過而鋅板上不生鋅養但尚有輕氣小泡生於銅面使電氣之力不現故將銅板浸於最濃銅養硫養水內而此水與浸鋅板之酸水仍用薄皮分隔則輕氣不生因水內輕氣與養氣化分之時即爲銅養硫養內之養氣合去其銅則分出而結於銅板之面若銅養硫養水恒使極濃則發電氣之數恒同凡欲速發電氣多且而其數恒同者此法是

有此法後即見銅板之重漸增因銅板外結成銅皮一層也但以里曾將銅板之皮揭下見其紋與板紋相同惟凹凸相反也但以里之前有得辣路者已用銅養硫養水代平常發電氣之水亦見結皮一層道光十六年所著之書云剝出結成之銅皮一層其面與銅板之面相配平者亦平凸者凹而凹者凸雖甚小之紋亦盡然

初知化電氣之時果路格尚克司言雜質消化於酸水則

金類能自水內分出結在發電氣負線之端嘉慶十年步奴得利云將化電氣器用銅絲引至最濃淡鹽金養水內在水內置銀板二塊板上即結金皮

電氣結金類初興同時有三人各爭初始之名一為俄國京人約克皮一為英國立法鋪人司本沙以銅錢外結銅皮剝下花紋與字甚清數月並書詳論之一為查而頓先在製造新報詳論之人未深信至司本沙書出而人始信焉皆道光十七年也

英國初用電氣結金類不過將錢或銀板使依式結成後有人刱設多法其用遂廣能作各種銅器因價大而仍廢近用電氣鍍金類之法能將各種動物植物之外生薄皮又刻成銅板木板之圖可依式結成幾塊照相者亦可結成板一塊而顯其形但其大用鍍金與鍍銀為最便近來新法比昔更妙然作金類之器其價甚貴倘能減省發電氣則能省工而為大業（法照相能有四凸用鋼片使其上成銀碘而照之）

道光二十年有人考得發電氣之新法其略云半加司左近之處有大抵力汽機銅鑪偶成裂縫司機者一手動稱權之桿一手偶入噴出之汽內忽覺電氣傳過其身而震動見有星光後知一手無論接於鍋鑪之何處一手在汽內亦有電氣即將此事告知安末司脫浪安氏再試其事而得其性手中執玻璃柄上連金類絲即能收電氣至別物所發電光長四寸後將鍋鑪置於難傳之物上鍋鑪即發電光比前更大鍋鑪體為負電氣而發出之汽為正電氣

此法不但能發電氣之數極多且能極濃安氏試一汽車所得電氣比磨擦三尺徑之玻璃板者大至七倍其每分時汽機七十轉格致總院所造大抵力汽之器所發之力更大於此

此法所發電氣之理當時以為汽在鍋鑪之內有抵力噴出之時即鬆大而多能比壓緊時多容電氣汽出之後既改變其形而能多發電氣可證空氣自能發電氣之據以此論空氣能發電氣甚是簡便與弗蘭克令所言發電氣之理亦甚相同故無怪乎人之信之也後雖知其謬而又不肯不信也法拉待云鍋鑪噴汽而發電氣並非汽自能發乃噴出小口之時水之質點磨擦其處而發試用空氣或各種氣質壓緊以代汽俱能發電氣惟氣內必帶水點若使極乾則噴出時不發電氣

近來常用之電氣器罕有汽發電氣之器既欲考究此事則全副電氣器之內必不可缺也因不易用故今時知此理者甚少然所得電氣極濃數亦極多發電氣之價亦甚

凡

考知大抵力汽能生電氣之後至今電學內無甚要事惟十年以內所用電氣之力則有甚巧之法如傳信遠方並作音樂

電氣雖爲近時之新學而其要事與趣事則於格致之中爲尤勝有裨於日用者雖已甚多而未知之理尚屬不少猶之窮鄉僻壤開墾之地少而荒蕪之處多也日後留心此學者必能考知摩電氣弗打電氣熱電氣吸鐵電氣之相關又或能知電力與別種力之相關並電氣與動植物生長之相關

X2.00-01/15

英國瑞挨德著　英國傅蘭雅口譯
無錫徐建寅筆述

第一章論測驗電氣

發電氣簡法 第一節

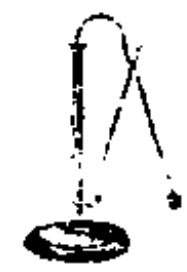
玻璃類之質用他相配之質摩擦之則發電氣能引輕物松香類之質如火漆與硬橡皮用他相配之質摩擦之亦發電氣亦引輕物

輕物已為玻璃類之質引至相切若不切地或別易傳之物則再遇其質不但不引而反被其推惟再遇松香類之質又為所引矣反之輕物已為松香類之質引至相切若不切地或別易傳之物則再遇其質亦不但不引而為所推惟再遇玻璃類之質又為所引也

凡質容同性電氣者彼此相推容異性電氣者彼此相引（引而之狀）玻璃蠶絲硬象皮愛不內脫（硬象皮愛不內脫之狀）等質略能阻電氣之傳行及通地金類等質略不阻電氣之傳行萬物內無有全阻或全傳之質故言略也

顯明電氣初法之器用玻璃管一根長十八寸至二十寸徑約一寸尋常火漆條或愛不內脫梳一件樹心球（質輕如燈心二箇各以絲線並懸之如第一圖以乾絲綢摩擦乾煖之玻璃管近於二樹心球先引而後推再以乾法蘭絨摩擦火漆條近於二樹心球亦同

第一圖



顯明相距稍遠引推簡法之器用火漆長條加於玻璃球上衡之則另用物引之相距稍遠能相引而轉過又將二樹心球各以小金類線或綿線挂之可顯樹心球以能傳之物挂之不能容電氣

顯明容同性電氣彼此相推容異性電氣彼此相引之器用絲線懸火漆二條與玻璃二條各摩擦之使火漆近火漆則彼此相推玻璃近玻璃亦彼此相推玻璃近火漆彼此相引而攝力大

傳阻電氣各質 第二節

傳阻電氣各質臚列如左阻力小者居前依次遞大次序不無小差阻傳二質並無絕然之限阻力小者謂之易傳阻力大者謂之難傳無二性也故法辣待謂電氣之傳阻乃同性之兩極而公理相同其傳性之極大者即阻性之極小者也

一各金類　二純木炭
三筆鉛　四濃強水
五炭粉　六淡強水

鹽類水　八金類鑛　九動物之流質　十石灰　十一乾白石粉　十二地產鋼養炭養　十三立果布地恩即背陰草子之一種　十四軟象皮　十五樟腦　十六火石類與端石類　十七煙乾之雲石　十八瓷器　十九海水　二十泉水　二十一雨水　二十二熱在十三度上之水　二十三雪　二十四活植物　二十五活動物　二十六火焰之煙　二十七汽　二十八水內能消化之鹽類　二十九薄空氣　三十酷氣　三十一以脫氣　三十二溼泥與石　三十三玻璃粉　三十四硫黃花　三十五金類與養氣化合之乾質　三十六油質愈重阻力愈大　三十七植物灰　三十八動物灰　三十九透明顆粒數種　四十熱在十三度下之氷　四十一燐　四十二乾植物　四十三乾木　四十四熟皮　四十五明薄皮　四十六乾紙　四十七髮　四十八羊毛　四十九乾蠶絲　五十源蠶絲　五十一生蠶絲　五十二明寶石　五十三金鋼石　五十四雲母石　五十五鎔成玻璃之各質　五十六玻璃　五十七煤結成之黑寶石　五十八蜜蠟　五十九硫　六十松香類香質　六十一琥珀　六十二硫象皮　六十三舍來克　六十四硬象皮

電氣相異之二性 第三節

松香類之質與玻璃類之質已經摩擦雖皆引輕物而其性不同故人有名爲松香電氣與玻璃電氣者然若據此二名而謂玻璃類之質摩發一性之電氣松香類之質摩發又一性之電氣則大誤辨其誤如左

用羊毛絨與玻璃條摩擦將條近樹心球則能推之將代近樹心球又能引之玻璃若容玻璃電氣則羊毛絨必容松香電氣矣

用羊毛絨與火漆條摩擦將條近樹心球則能推之將羊毛絨近此樹心球又能引之火漆若容松香電氣則羊毛絨又容玻璃電氣矣是同一羊毛絨皆能容二種電氣也

用羊毛絨與玻璃條摩擦將玻璃近樹心球知容數璃電氣用猫毛皮與玻璃條摩擦將玻璃近樹心球知容松香電氣是同一玻璃皆能容二種電氣也

所以玻璃電氣與松香電氣二名必不能明二種電氣之性也有人命名爲正電氣及負電氣者雖則較善仍未能確合今人所知電氣之性也然無以易之故姑從此

正負二電氣必同發 第四節

甲乙二人各立於玻璃足之橈甲用猫之乾毛皮擦乙身則甲身有正電氣乙身有負電氣

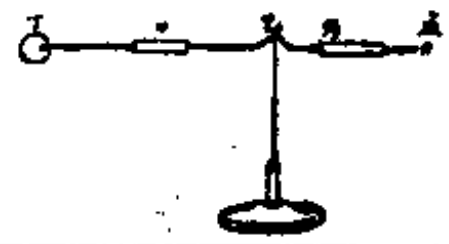
空氣乾時甲人立於玻璃足之橈而身切金箔顯電氣器

加第四圖 乙人立於地而以梳梳甲人之髮則顯氣器之金箔因正電氣而相合若乙人仍立於地面而身切顯電氣器甲人仍立於玻璃足之橈以梳梳甲之髮則顯電氣器之金箔因負電氣而相離

顯電氣器 第五節

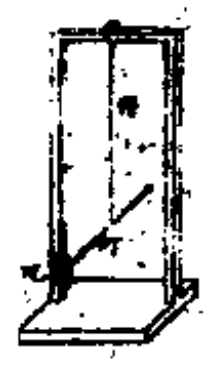
驗電氣之有無並性之正負者名爲顯電氣器省名顯器測電氣之數者名爲測電氣器省名測器

苟勒白得與哈回之顯器用金類細條兩端有樹心輕球球外包金箔細條中有小凹套於尖針之末凡容電氣之物與此器之一球相近則細球必轉動觀動法知電氣性



第二圖

簡便顯器與前略同如第二圖用銅絲甲乙丙偏近一端作小彎彎中套在鐵尖針之上左右兩段各套蘆葦一段能移動使左右等重而相平長段之端連外包金箔之圓紙如丁徑約半寸短段之端連金類小球如戊尖鐵針插於外上漆之玻璃條內先用正電氣或用負電氣容入圓紙次將欲考容正負電氣之物近於圓紙即知所容電氣爲正或負矣先用銅絲切甲乙兩銅絲之中傳去其電氣次將已擦之物近於圓球即知電氣之有無矣



第三圖

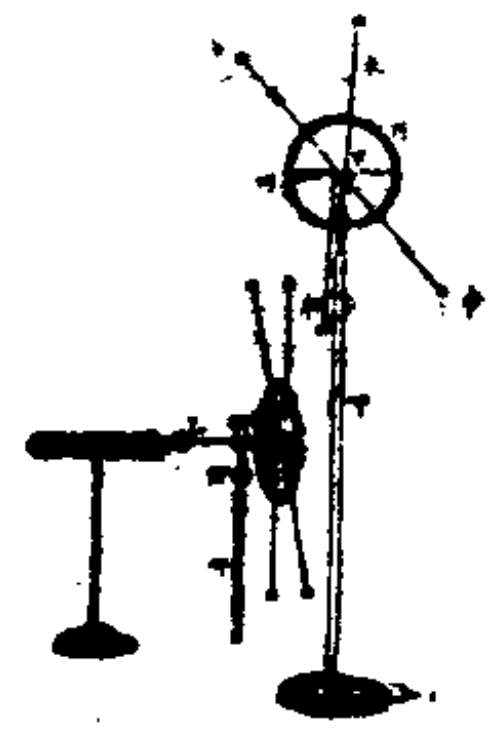
又有簡便顯器如第三圖用含雷克細條端連外包薄金類之圓紙以細絲挂於木架電氣加入圓紙可久而不散教電氣者用之最宜

金箔顯器彼尼得剏制是阿所改定如第四圖用金箔二塊共連一銅絲銅絲外包象皮管而於玻璃管之中玻璃管外有漆一層而人玻璃瓶之頸內銅絲之上端連黃銅圓板如甲用法詳後

第四圖

哈里司剏設顯器如第五圖用攜圓形之金類小圈如甲

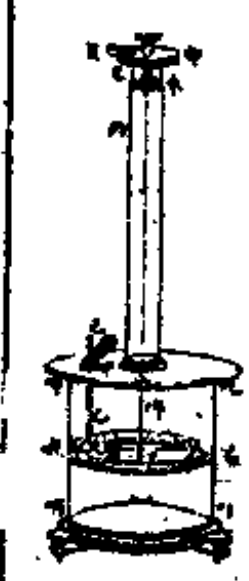
第五圖



斜連於黃銅小桿其連法用黃銅短管橫過木球如卯另有法阻其電氣桿端有黃銅球如乙擴圈大徑二端各有黃銅針二根如未未上下相對而直立桿端亦有小球擴圈分徑二端向內有極小之軸靠極小之尖此軸上有短而直立之針二箇各有甚輕之稻草如申申稻草之端有樹心球而作大指之用其長前定之球桿相同則受小之電氣力亦易動易顯電氣極小之力用稻草管套其上在軸之兩邊可移動能勝其欲直立之性無電氣之時針能直立在針後用紙或象牙作圈刻分度能見電氣之多少此圈用橫玻璃條托木冒在其間有黃銅丁托之而玻璃條連在上其全圈用上漆長玻璃桿呷令不傳以木置其兩端為球為分隔之物可知乙球受電氣針必離其管桿若干度如圖架上有活節如寅可使旋轉難傳之件外面俱上消化於酯之合雷克一層

此器雖亦可測電氣之數而不甚靈因電氣之力愈大則針移動愈多推力愈減小故力與移動數不能得其比例也

第六圖



果倫白勒設扭力測器如第六圖呷吃吶叮為玻璃筒上有玻璃板為蓋蓋內有二孔戊與甲戊孔容玻璃管戊庚高約二尺上有指扭力之針如寅指刻細分度之表寅卯針根有鉗用圈可開闔鉗接甚細之玻璃絲或銀絲庚辛之上端絲之下端辛用同式之鉗接之鉗用紅銅徑約十二分寸之一鉗中有橫孔孔內有硬絲線或稻草之針卯丙丁外上火漆一層丁端有格末雷克管長約一寸半又有圓板外上松香油一層丙端有樹心球徑約十二分寸之二三哦吃為紙圈分為三百六十度貼於玻璃筒之內面與針同高玻璃蓋之甲孔亦有格末雷克所作之小桿如甲乙下端連樹心球先配準之使銀絲庚辛上端之寅針與丙乙針平行而丙丁針對戊己圈之○度次以電氣傳至乙球乙球原與丙球相近因電氣力而彼此相推則丙丁針必轉過若干度之弧再將上針寅向己卯方向轉動則庚辛絲必扭過而使丙丁針回至原位仍指圈之○度觀寅針轉過之度即知電氣之力以絲之扭力對乙丙二球內電氣之推力也又屢試二球各相距觀寅針所轉過之度可知

各相距電氣之推力矣

測電氣之引力必稍變之欲免二球引力大於扭力而忽然相切也用細絲線從器上至下兩端用火漆相連初試之時使乙球與線相切二球容異性電氣將上針向寅巳對面轉過則丙球必離乙球

法練待考驗附電氣即用果倫白之扭力器也謂必精熟之人用之方能有效尤必久用方能精熟云

電氣引力與推力之例 凡六節

容同性電氣之二球彼此相推之力與二球心相距之平方有反比

果倫白用扭力測器考得此例由下說明之乙丙二球相切容電氣後推至二球相距三十六度則疎辛絲必巳扭轉三十六度次旋轉上釘至二球相距十八度則寅針在寅卯必轉過一百二十六度一百二十六度與原扭力成之角十八度相加得一百四十四度可知相距爲三十六度與十八度比扭力爲三十六與一百四十四比即相距爲半而力爲四倍也

二球彼此相引之力亦與二球心相距之平方有反比

哈里司證果倫白之例另考得電氣之要理與用法得五例

一例兩球之推力引力與最近點之相距乘球心相距有反比

二例兩球相距二寸二寸或二寸五寸二寸八寸或三寸○寸所現之力與兩圓板相距○六六四寸或一一七寸或一七三二寸相同

三例引力與兩體對面之形式及排列之狀相關與不相對面之形式及排列之狀不相關所以二體對面若平而背面爲球形與兩面皆平之板引力相同二體對面爲球形背面爲平與全球之引力相同

四例相對兩面面積有大小則引力與小者爲比故不同徑兩圓板之引力不大於與小板同徑兩圓板之引力又圓圈與同徑圓板之引力等於同大兩圈之引力

五例一球分對同徑圓平板之引力等於同式同徑兩球分之引力

哈里司測極小之推力用新法二線扭力器其扭力不若線之凹凸力而藉地攝力用生絲線二條平行直立上端繫於定點彼此相距四分寸之一下端連針以其小重垂緊電氣力推引針端之球與果倫白之扭力器相同惟使二線彼此相絞而小重稍上以地攝力對電氣之力也此器甚靈能顯電氣力五萬分英釐之一微之至也

哈里司試推力與電氣數之比得下數例

一例兩圓板容等濃等數之電氣則推力與相距之平方有反比兩圓板容不等濃不等數之電氣則相距在定限內推力與相距平方有反比不在定限內或在某相距推力與相距有反比或在某相距推力不定或某相距無推力而反有引力

二例體內容電氣之數與所現之力無定比初聞此言似不合例哈里司則謂合電氣力之公理因不特容電氣體與中立性體之間即不容電氣之體有附電氣之力而兩容電氣體之間亦有附電氣之力故同法同數容電氣體之間所有附電氣力之大小不能定因電氣數電氣濃或體之相距不同而附電氣甚繁故也

果倫白云球形之中腰橫剖面積等於圓板之面積則能容電氣有二與一比故將球壓扁至成薄圓板而皮積不加減則能容電氣爲原球之二倍此皆以同濃淡之電氣而論也準此則球皮面積等於圓板兩邊面積其能容電氣亦必相同哈里司曾試之知板與球相切之後電氣之力非依果倫白之說有二與一比而略有一與一比故哈氏意果倫白試得之數必因器所現之推力與電氣之數不相比也

自哈里司所試又知三事一謂球之皮積與圓板之面積相同則能容之電氣亦相同也二謂能傳之空球或實球皮積與圓板之面積相同則能容電氣亦相同也三謂小而厚之板不通地者自他體所能收之電氣與收電氣之位有相關與電氣之數不相關也故在二不同點能有同數之電氣而平面容電氣之比例不同因板在此二不同點之附電氣力不同故也

第二章論附電氣

容電氣物稍離中立能傳之物現引力 第七節

兩物不相切亦能現引力玻璃條或火漆條已經摩擦與空懸之樹心球及毛羽等輕物相距稍遠或能使之移動或使之跳躍而相切

物質發電氣而能使稍離之物受力名爲附電氣力電氣諸事皆賴之法辣待云物質能容電氣藉附電氣也電氣能濃藉附電氣也摩擦各物而發電氣藉附電氣也故曰發電氣並電氣所現諸事與附電氣皆有相關

一顯附電氣之器如第七圖丁甲丙爲黃銅管在玻璃柱之上而不通地已爲樹心球二挂於管端以顯電氣另以玻璃管摩擦而近於黃銅管之丁端相距約六寸則二球立即相離可知有附電氣移開玻璃管二球立即相近可

第七圖

知無附電氣玻璃管再近而二球再相離再移開而二球再相近屢試不爽

二如第八圖甲爲圓管長約六寸徑約三寸亦在玻璃柱上而不通地乙與丙爲金類薄圓板亦在玻璃柱上不通地板管同徑再以蠶絲線挂金類大球而容正電氣距圓板丙約三寸球心與管之中線成直線執丙圓板之玻璃柱而移開之試板所容電氣之性必爲負執乙圓板之玻璃柱而移開之試板所容電氣之性必爲正

第八圖

三如第九圖乙丙丁戊爲兩金類管各在玻璃柱上柱外有漆兩金類管在一直線內其端相距約一寸戊端挂通地之金類絲乙丙丁三端用麻線挂烏翎或樹心輕球以玻璃條或火漆條如甲摩擦而距乙丙三四寸則乙點所挂之翎必近甲條同時丙丁所挂之翎亦忽相近

第九圖

四如第十圖巳卯爲木球之兩半外包錫箔在玻璃柱之上柱外有漆下以木板爲座可至兩半球相合成全球將擦過之玻璃條移近而後移開之玻璃條移近於球而分開

第十圖

試其全球知未容電氣再將擦過之玻璃條移近而分開其二半球再試之則一容正電氣一容負電氣

五將長圓柱形能容電氣之器不使通地一端距稍放煤氣燈口約四分寸之一用摩擦甚久之玻璃條近其彼端則煤氣能燒燃不取去其管而滅其火再將管忽然移開則煤氣又能燒

又如第十一圖甲申爲兩金類球甲甲爲金類管各不通地使甲球多容正電氣申球多容負電氣而試甲甲管知其中點辰無電氣自辰向甲則漸有負電氣自辰向甲則漸有正電氣甲甲兩端正負二電氣之濃必相等又辰點左右各同相距之點如己己等正負二電氣之濃亦相等左右兩半電氣之濃可以曲線之縱線己寅己寅命之

第十一圖

又如前第七圖容電氣於丁甲丙管而兩樹心球相離之時將手指按其管則兩樹心球必速相近移去手指則兩樹心球必速相離考球之所容知是負電氣

又如前第四圖以玻璃管摩擦而近其冒則金箔速相離取去玻璃管則金箔仍相近於玻璃管近其冒而金箔相離之時亦以手指按於冒忽移去玻璃管則金箔容負電氣又以火漆條摩擦而如前法則金箔必容正電氣空氣乾而煖能數小時電氣不散

由上各事得三例如左

一例容電氣之物近於中立之物僅能使之暫容電氣至容電氣物取去之時中立之物即無電氣之性矣

二例中立之物能暫容電氣者因容電氣物引其異性而推其同性使中立物內電氣暫時化分也

三例中立之物為二塊或多塊所成能分離而如不通地則容電氣物相近而將各塊分離則兩端之塊必容異性之電氣

附增電氣器 第八節

附增電氣全賴附電氣之理而有大用其器分為三件松香類之板即舍雷克與尾尼司之松香油與松香三物合成作板一也引電氣板即金類為盆將前三物鎔之而傾於此盆內二也增蓋即金類或木外包錫箔上連數漆之玻璃柄三也如第十二圖係非理不司所制乙為錫箔條橫過松香板兩端與金類盆相連或可用銅絲釘如丙丙自金類盆貫通松香而相連將松香板斜遮用乾煖之猫皮或弗蘭絨擦之置於桌面執蓋之柄覆於松香板上而即去之則稍受負電氣近於極靈之頭器能顯之再執柄將蓋覆於松香板上用手指按之再取去之則多受正電氣移至能容電氣之體相近處能發光星

第十二圖

弗打朔設此器因易發電氣於電學最有用松香板發電氣一次能多次化分增蓋之原電氣而增蓋能多容電氣增蓋覆於已擦之松香板時下面容正電氣上面容負電氣與中立體為已發電氣之體所感相同增蓋與松香板相離則上下面正負二電氣相合增蓋於切松香板面時若通地則負電氣與地面所發同數之正電氣相合而增蓋獨容正電氣矣此正電氣不能與松香板之負電氣相合因松香不能傳電氣故也松香板上面之負電氣能附下面之原電氣引其正而推其負負電氣傳過金類盆或散或減正電氣不能散因上面之負電氣不能放則松香所容之電氣能存甚久也

附電氣之理 第九節

附增電氣器不特最便發電氣且能顯附電氣之理甚妙

法辣待用附增電氣器考得附電氣之理云附電氣因相切質點間自然之行動所發又云此體之電氣能附至彼體因二體間空氣之各質點皆成正負二極與易傳之體不通地者相同

第十三圖

第十四圖

空氣各質點成正負兩極即成對極之性如第十三圖巳爲容正電氣之體卯巳爲相離之中立體巳之電氣力至卯巳必附過其間之空氣各質點而使迭更有正負二極如圖之黑白半球

又如第十四圖甲乙丙爲三金類球各不通地列成一行而不相切使甲球容正電氣而丙球通地則乙球向甲之邊容負電氣背甲之邊容正電氣丙球容負電氣乙球二對邊電氣之性相異即謂之成正負二極也甲球丙球則獨容正電氣與負電氣而不成正負二極也

今人多謂質點之現力與質體相連而不信前說矣不同果非特朔一說法辣待遵信之其說云質點爲容力之心而心不能容力故心不成對極之性惟鄰質點與此質點有對極之性也體內各質點對極之性易成者則亦易滅即爲易傳之體體內各質點對極之性難成者則亦難滅即爲難傳之體總之容電氣之體附其力於難傳之體即爲附電氣也

附電氣與所附過之質相關第十節

難傳之體能附電氣之力易難不等今以一體爲主而定各體名爲附電氣率

以絲線平挂金類圓板於金箔顯器之帽上相距約一寸稍容電氣於金類圓板則因附電氣而金箔必相離再將含雷克板厚約一寸接以不傳電之柄平置於金類圓板與冒之間則附電氣更大而金箔相離更遠因含雷克附過電氣易於空氣也

以等大之黃銅圓板三塊各板相距等而平行第一第三通地第二不通地再將金箔一片挂於二黃銅球間之正中一球連至第一圓板一球連至第三圓板稍以電氣入中圓板後使二外圓板不通地則金箔在正中而不偏向因三圓板間之附電氣體皆爲空氣而二球之受力等也

再以含雷克或硫磺或玻璃塊置於任何二圓板之間則金箔必偏向此球或彼球亦因含雷克能附過電氣易于空氣也

法辣待考各質附電氣力之器與來頓瓶相似如第十五

圖甲甲為黃銅空球分為兩半乙乙為連合兩半使空氣不洩之節丙為連球與塞門之節丁為塞門或與金類足戊相連或與抽氣筒相連庚為銅領連於上半球而內容舍雷克管有黃銅球吃用螺絲連於銅桿壬之上端丑丑為舍雷克管與吃相連能托住壬桿又使不通電氣舍雷克管與領之間用一種石灰內占四克馬於清化脂塞之不洩空氣此管能阻內球辛與外球甲甲使不通電氣內球在卯點有小孔取去外球之空氣而入別器之時亦能入內球故二球間之空處辰之氣質不改變

第十五圖

用時必備此器相同者二具內盛各種不傳之質以來頓瓶容滿電氣於一器而與第二器相切分其電氣再用一連電氣球並果倫白之測器測二器所容電氣之多少法辣待與哈里司二人用此公法相比數質定其附電氣力率各數如左

空氣	一·〇〇	松香	一·七七
密蠟	一·八六	玻璃	一·九〇
硫磺	一·九三	舍雷克	一·九五

各氣質附電氣之力相同無論熱度或壓力大小亦相同

電氣存於體之外面 第十一節

物體容電氣之時電氣僅存於外面不似熱之能通過其全體也故空心金類球其體或厚或極薄與實心金類球外徑相同能容電氣之數亦相同

憑驗之器如第十六圖甲乙為玻璃管平臥於架上而通地用玻璃柄辛搖之使轉動管外繞金類薄條如乙條之一端連絲線如己再將樹心球顯器如戊連於銅架以電氣容於金類薄條則樹心球必相離引其絲線使金類皮條繞開則樹心球漸相近因電氣力減小也金類薄條若長而容入之電氣少二球能幾相切再搖玻璃柄使金類薄條繞於管則二球仍相離

第十六圖

又如第十七圖以銅杯仰連於玻璃柱上柱外敷漆杯內盤銅鏈杯外挂樹心球二鏈端有絲線以電氣容入杯則二球必相離提起絲線使鏈漸出則一球漸近而幾相切使鏈漸下則二球漸離鏈漸放下則一球之相離同前將鐵絲布或銅絲布作管置於架上不使通地以電氣容

第十七圖

人管之內面另以能容電氣之面與管之內面相切此爲厚紙圖塊一面柄空箱以含富克條酌桶而切顯器知無電氣再將此面與鐵絲布管之外面相切而切顯器知有電氣可知管之外面有電氣而內面無電氣也

又如第十八圖用硬稀布作圓錐形之袋能不自落下袋底連絲線袋口連於銅圈圈連於玻璃柱不使通地以電氣容於袋之內面如前法試其電氣知袋之內面無而外面有再引袋底之絲線使袋反過而內面變爲外面仍如前法試之知電氣通過布質仍是外面有而內面無也

第十八圖

法辣待作輕木箱方十二尺外包銅絲成銅銅絲外用紙糊之周圍連錫箔條使箱之各處易傳電氣箱有門便于人入箱安于架不使通地以大力摩器連於箱箱外四面能發電星親入箱內絕無所害且以最精之顯器試之絕無電氣

法辣待由此得一理謂易傳之體與難傳之體不能爲容一性之電氣而必同二性之電氣也

容電氣體外面電氣之位置第十二節

電氣容於體之外面體非渾球形則各處之力不同長球形則二端力大而中腰力小圓柱形或方柱形或多邊柱形則二端力更大

果倫白將圓柱長三十寸徑二寸兩端作半球形比較之知端力與中力比若二三與一比距端約一寸之力與中力比若一二五與一比

果倫白又試各形知有稜者則近稜之電氣力大於面而近角之電氣力大於稜角爲二稜相連也多稜相連之角則力更大

果倫白謂電氣容於體之面因空氣之壓力也故收筒有多尖處電氣即不能多存其尖處之力大於別處而能勝空氣之壓力也

哈里司試知此說之謬法將不通地之球容以電氣連於顯器置於抽氣筒之罩內抽去空氣六十分之五十九又將已容電氣之顯器置於不洩空氣之罩內抽去空氣七十分之六十九所容之電氣數不變又以金箔顯器置於抽氣筒之罩內而不通地抽去空氣三百分之二百九十九金箔相距不改

法辣待云不通地之球若球外面有同性易傳之物圍住則各處電氣力平勻如第十節若球外面幾分有空氣幾分有

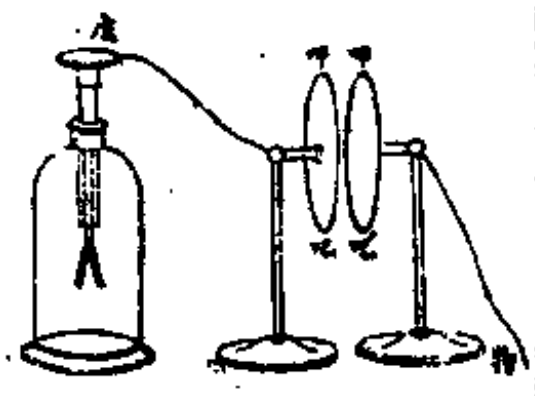
硫黃或含雷克則雖空氣壓力不變而球面之電氣力不平勻

法疎待論附電氣之理云容電氣之管兩端爲周圍易傳體所感動較諸中段爲易因兩端所受附電氣力之和多於中段也凡尖處電氣之力大於球處者因尖處之面自周圍易傳體所得之附電氣大於球處等面積之附電氣也

增電氣器 第十三節

兩易傳體相近一通地一容電氣而不通地則不通地之體電氣力能增大因二體彼此有附電氣力也以必奴司依此造器可顯極微之電氣銅後弗打乃傳佈於人如第十九圖甲乙爲金類圓板在玻璃柱之上柱外敷漆有銅絲連至金箔顯器之帽如戊甲乙亦爲金類圓板有銅絲能通地如物將甚少之電氣容入甲乙圓板傳至戊帽亦能使金箔相離再將甲乙漸與甲乙相近則愈近而金箔亦愈相近二板略相切時電氣幾全離戊帽聚於甲乙而金箔相切再將甲乙忽然移遠則無甲乙之附電氣而甲乙之電氣能漲而回至戊帽金

第十九圖

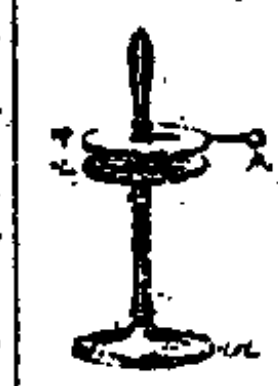


箔必再速離

甲乙板所容之電氣若爲正則能將甲乙板之原電氣化分推其正而引其負故甲乙板之正電氣大半在對甲乙板之面是以隱而不顯用顯器試之可知若再加正電氣於甲乙板則金箔又相離然甲乙板前所容之正電氣亦未滅也試移去甲乙板則電氣能漲而散至各相連之物又因兩次容電氣之合力而金箔相離能更多凡微容電氣之體不足使顯器之金箔相離者依此能增大使易見故名爲增電氣器

弗打初用之器如第二十圖用金類大圓板二板面敷琥珀漆一薄層下板爲增電氣面如乙下有金類架上板爲容電氣之面如甲上有難傳之柄又連小銅絲端有金類球如戊微容電氣之體與戊球相切則其微電氣傳至甲板引其異性聚於相對之面而推其同性又因乙板通地故能常引地球之電氣而亦化分如此至乙板容滿而止再將甲板忽然起上則可切於顯器而試之也兩圓板之徑至一尺則大有用亦有兩板俱直立而與金箔顯器連用者如前第十九圖

第二十圖



現附電氣力之例 第十四節

現附電氣力之例哈里司用水壓力測器測增電氣器之二板在各遠近相距之附電氣力以定重數爲主得容電氣體引力之各數如左

附電氣力與二板相距之平方有反比因附電氣數與力之平方根有比故附電氣數與二板相距有反比

二板之相距不改而電氣數有大小則附電氣力與原電氣力有正比

甲乙不通地則附電氣數非與相距有反比而與相距之平方根有反比

甲乙通地則反附電氣力與二板之相距有反比

甲乙不通地則反附電氣力與二板相距之平方根有反比

倍電氣器 此器欲圖第十五節

倍電氣器法利所新能將極微之電氣增至數千倍故電氣雖極微亦能顯其濃淡發電氣簡所發之電氣雖不濃能使現火星光帶同治元年法利存此器於博物院與人閱觀

此器有軸不通地而連平列之黃銅針數行此以一行論之令其各針爲呷吃呵叮等軸可搖轉之在相對之兩面有不通地之各黃銅殼如甲甲甲甲等與乙乙乙乙等軸轉過時每針入一殼內三面圍針之外其相連之法甲不連他物甲甲相連甲甲相連甲甲相連對面之行乙乙相連乙乙相連乙乙相連等甲對乙甲對乙等故二行可謂雙排列而每雙迭更不通地

電氣有定數先傳於甲因不通地而盡能容於內轉軸而呷針至甲殼內則呷針內端通地甲若容正電氣則呷針附得負電氣其數與容入之原電氣略等而稍減小軸再轉過則附電氣存於呷針而不通地軸再轉過則呷針又入乙殼內因乙乙二殼呷針之附電氣略傳於雙殼乙乙之外面而鋪開軸每一轉必仍皆如此即呷針所得甲殼所附來之電氣傳至雙殼乙乙而乙乙之電氣漸增但不能增至無窮因呷針在乙乙之內相切其全金類不能四面圍住又難免稍通於地也負電氣在乙乙之時其第二針吃亦屢次過乙乙殼則爲殼圍住之時針亦通地與前呷針相同所以吃針多次受正電氣每次益多而每次略等於乙乙負電氣之數此正電氣流傳至甲甲殼又呵針亦恆受甲甲殼之負電氣逐次加大而此電氣傳於乙乙殼亦然故可用多針與多殼連倍電氣之力

各針與各殼相同而一針與二殼能使第二殼受電氣十倍於原電氣故用十針與二十殼所得電氣之濃爲原電

氣十之十次方倍即百萬萬倍此以絕不散電氣而論也每二壳之中有通地之金類隔之使二壳不相阻全器用金類板包之

博物院考試時法利用但以利器一件之電氣加於其倍電氣器內將軸搖數轉其濃足成火星再換發電氣器之二極將軸搖而轉數倍於前即得異性電氣其濃與前略同

法利云用此器增電氣之原濃曾至一萬五千倍

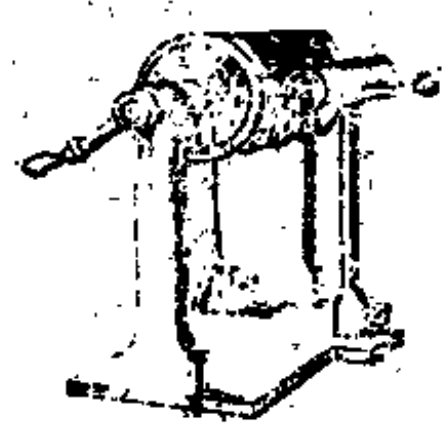
三章　發與容之器

摩電氣器第十六節

發摩電氣之器昔時步易拉與格利用硫黃球奈端用玻璃球以手摩擦又用蠶絲線挂鐵管收其電氣波子所刱也嗣用墊摩擦溫克所刱也摩電氣器後省曰摩器近時所造摩器常用玻璃圓筩或圓板又有用硬象皮或硫黃象皮代玻璃者近來法國人立西用硫黃圓板徑一枚厚百分枚之二至三亦甚好

常用玻璃圓筩摩器如第二十一圖分三件玻璃空筩也皮墊也收筩也玻璃空筩兩端有樞在銅襯內轉動銅襯在木柱之內木柱下端連於木板皮墊內盛馬毛連於玻璃柱有螺絲能制墊壓玻璃筩之力收筩用金類或用木外包錫箔連於玻璃柱上一邊有多針平列一行名曰銅梳此所以收電氣也一邊有銅球此所以放電氣也皮墊

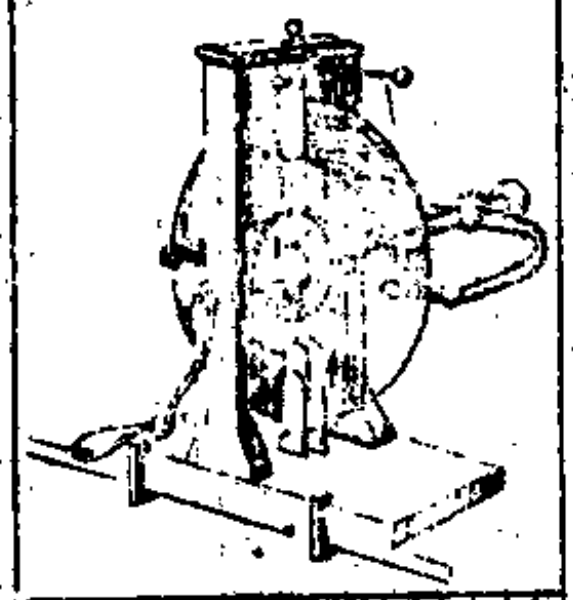
第二十一圖



邊連絲油布一塊蓋於玻璃筩使電氣不散而直至收筩皮墊之面搽水銀膏木銀膏用鋅五分錫三分同鎔再將已煖之水銀九分傾入置於鐵器或木器內搖動至冷而止用乳鉢研成細粉極細羅篩篩過加最淨猪油至能成膏用時將膏少許搽於墊面發電氣更易而多

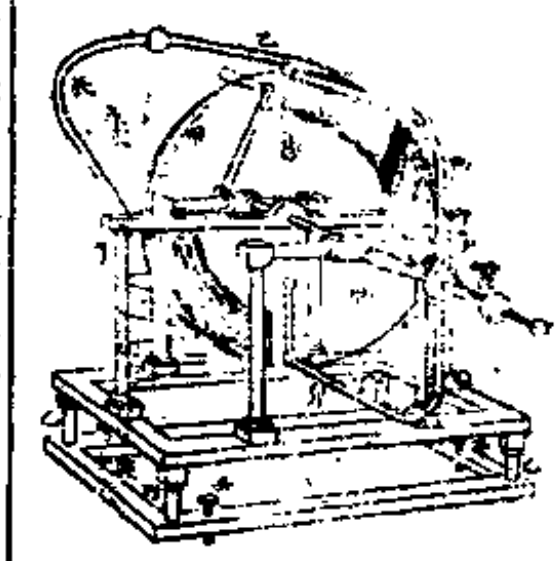
玻璃圓板摩器如第二十二圖用火石玻璃圓板中心有軸在二柱之中有柄可搖轉皮墊有兩雙以有凹凸力之木條為骨外包以皮內盛馬毛亦用絲布蓋於玻璃面使電氣不散皮墊夾於板之兩對邊有銅螺絲製其壓力收筩用銅為之連於柱筩外連多針成梳針尖近玻璃之面

第二十二圖



哈里司刱設之玻璃圓板摩器如第二十三圖甲甲為玻

第二十三圖



璃圓板徑約三尺中有銅軸在二橫木之中轉動橫木用四木柱托之而立於堅固之架架下有四足如乙丙丁巳四足之下再有底架底架有三螺絲庚辛壬連於桌面皮墊連於玻璃柱子一在軸左一在軸右丑寅卯爲收筩所連之銅條在板之前如丑寅卯皮墊所連之銅條在板之後如辰巳轉動玻璃圓板之柄不通地柄軸一小器能指轉數法辣待所用之器與此略同板徑五十寸收筩並各件之面約一百四十二方寸依法用之圓板每轉銅梳能發火星十至十二各長一寸使成極長者可十寸至十四寸數年之前倫敦格致總院造大玻璃板摩器板徑十尺用汽機力轉之有皮包二雙每雙長約三尺收筩似舍利之形長六尺最大徑四尺摩後能發火星長十五寸至十八寸甚亮甚大一分時內可發電氣容滿三十六來頓瓶共有錫箔之玻璃面一百零八方尺

圓筩與圓板功用相比第十七節

弗打謂圓筩圓板面積相等其力爲四與一比且圓筩更便筩徑十二寸用一皮包長九寸等于圓板徑二十四寸用四皮包各長五寸半甚大之圓板用四皮包縻力甚大惟用大收筩則所發之光星可甚長

依法造成圓筩徑三十二寸皮包長九寸收筩徑四寸至五寸長二十寸玻璃筩不先稍加熱每轉能發濃火星四至六各長三寸至三寸半收筩若加三寸徑之銅球必自能發出電彗又必能成曲形火星長九寸又能積滿四平方尺內面積之來頓瓶若四十八轉至五十轉則相距半寸能有電氣附過空氣

弗打又云用黃色油絲薄布連於皮包一面上漆一面切玻璃最好二面若皆上漆則切玻璃之面須上舍雷克漆三層最要者油絲布當與筩相切緊貼故不可如常法將油絲布縫於皮包上邊必連於下邊而夾於墊與筩之間又因欲免絲布在皮包之面上因水銀膏而漸壞故再用無油之絲布連於皮包之下邊切於皮包之面以受水銀膏破則重換油絲布應鋪於筩周分之一

近時多用硫黃堅象皮圓板代玻璃銅收筩亦在硫象皮柱上空氣溼時玻璃皆不可用此仍可用惟所用之水銀膏須嫩否則易致磨壞同治元年法利送一器於英國博物院硫象皮圓板徑三十五寸亦用非司捺人問答之大

附電氣圈各件合式火星能長二十寸若不用問荅之圈火星僅長七寸

摩電氣器之理 第十八節

摩器之發電氣賴附電氣（見第七節）之理也轉柄之時皮墊之原電氣爲摩力化分成正負負者粘於墊面正者粘於玻璃面轉至對面時顯大附電氣力引收筩內之負電氣故收筩內所存者爲正電氣矣玻璃筩數轉後必使皮墊通地以收地之正電氣與所存之負者相合始能再發也天時甚乾須用易傳之物自墊連至地之溼處或房內通水之鐵管也

將手指或通地之金類近於收筩則發甚亮之火星並有急聲因依附電氣之理（見第七節）收筩之正電氣能引相近金類之負電氣而推其正電氣也力若過限則電氣能徑向收筩附過而成光星

皮墊不通地而收筩通地則以通地之金類近之能發光皮墊與收筩皆不通地而彼此以銅絲相連則不能發電氣欲發電氣必有皮墊或收筩一者通地可知地球是電氣之大源也

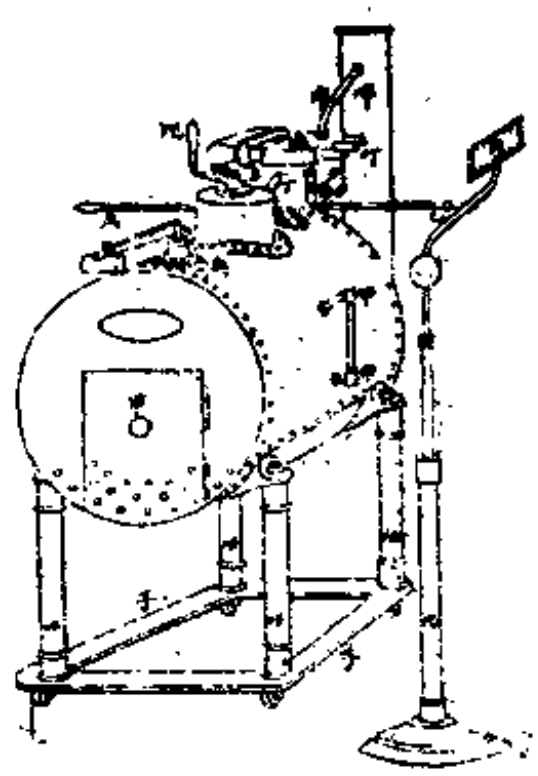
吹汽發電氣 第十九節

鍋爐內放出大抵力之汽以發電氣亦是摩電氣之一種法辣待安末司脫浪以皮墊等曾用此器發極多之電氣錄安末司脫浪報法辣待論吹汽發電氣之信如左

鍋爐與萍門相連處之灰偶有折裂多汽自裂縫吹出司機之人一手偶入噴出之汽內一手欲接萍門之秤桿忽見桿與手之間發極光之火兩手甚覺抽搐驚駭異常報於安末司脫浪安末氏即細考其理知因吹出時摩鐵面而發電氣也乃將此事報知法辣待法辣待又試知汽內必含水點乃能發電氣必係水質點摩鐵面也

吹氣發電氣器如第二十四圖鍋爐長二尺六寸徑約一尺二寸甲爲爐門丙爲收針吃爲玻璃柱叮爲噴汽孔用已得利志木所作哦爲汽箱汽箱內容噴汽之鐵管箱底內有水略齊汽管之下端以綿紗挂起恒吸水至汽管使噴出時水有摩力吧唎爲放汽塞門啐爲煙通旺旺旺爲托鍋爐之玻璃柱吁吁爲座下有輪甲甲爲看水玻璃管戊己二管可添別質於噴出之水內若同時自此二孔吹汽則能發

第二十四圖



正負二電氣丙丁爲進汽至管內之塞門庚爲葬門辛爲放噴汽之餘汽管爐內燒炭此器所發之電氣與三十寸徑之圓板器三具相同

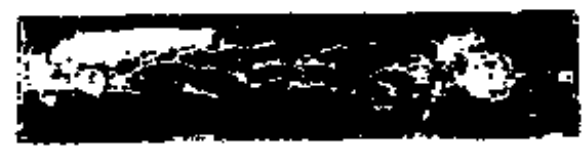
所發之電氣數極多而性不甚濃數年之前英國格致院使安末氏與以皮尊作甚大之器在露天處能成火星極長者二十二寸在房內成火星常長十四寸六秒至八秒內能容滿錫箔包之玻璃面約八十方尺用七尺徑之玻璃圓板器必在五十秒內能容滿也後美國格致院作更大之器吹汽有一百四十九孔發火星速於英國之器三倍而大小略同一分時能容滿三十六來頓瓶每瓶有錫箔面三十三方尺

電氣附過難傳之體成光星 第二十節

法辣待之意謂電氣自易傳之體附過難傳之體而至他易傳之體非因電氣極濃而穿破之也乃難傳之體之一質點受電氣極濃而所容過多至不能再容質點之正負極忽滅即傳其電氣於相近之第二質點第二質點之正負極亦忽滅如此電氣即依次附過而成火星附過之後此質點仍依次而如舊

電氣火星之形性能因他事而改變用相等之兩金類球一通地一連於收筩若所發之電氣多而球大相距不甚遠則二球間之光星短直而亮與聲皆大若收筩球小而徑約一寸則光星長而曲成枝亮與聲皆小如第二十五圖天空之電閃有時亦如此若一球改連於皮墊則二球間之光星更短而亮更小

第二十五圖



電氣附過各種氣質所成光星之形色各不同臚列如左

空氣用黃銅球則光星大而色藍電氣數不多則有或淡或暗之處

淡氣則光星之色甚悅目略與空氣相同惟帶茄花色或深藍色

養氣則光星亮於淡氣而不及空氣

輕氣則光星成大紅色惟氣薄而聲不大

炭養氣則光星之形略如空氣惟甚亂而或長於空氣內者因易傳也

輕綠氣乾者則光星略爲白色各處之亮略同

煤氣則光星有時綠色有時紅色有時一邊綠色一邊紅色有時路間忽現黑點隔於光之間絕然分界

空氣壓力之大小與光星大有相關哈里司考知兩球之

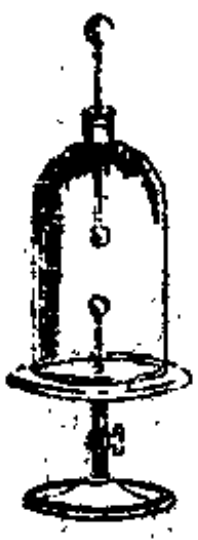
相距不改而空氣之壓力改則當用電氣之數與壓力有正比若電氣之數不改而空氣之壓力改則壓力與二球相距有反比空氣鬆至半而相距二倍則當用電氣之數相同也

試空氣鬆緊與電氣相關之器並可考各種氣與電氣光星色形之相關如第二十六圖用玻璃空球徑約四寸上下有銅帽下帽連塞門中貫銅絲至玻璃球中上帽之中亦貫銅絲至玻璃球中皆甚緊而不洩氣二銅絲之端各連銅球玻璃球內之空氣可抽鬆或壓緊

第二十六圖

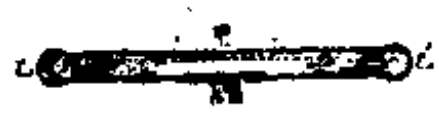
又如第二十七圖罩內二球相距五寸至六寸上球連於收筩下球連於皮墊而用抽氣筩抽鬆其內之空氣器轉動時光自上球向下而在下球之上分成甚亮之火圈包於外形似流質傾於球面不能入球內而四面散開者上球外面無光而有直通之光線若反其電氣之正負則二球現之形亦相反

第二十七圖



又如第二十八圖乙乙爲玻璃管長二尺餘內有銅球抽鬆管內之空氣乙端連至收筩乙端通地摩器轉動時電氣易附過而管內成藍色艷光似天空之北曉

第二十八圖



用玻璃片連於不通地之架玻璃面糊錫箔條刻數孔成字樣如第二十九圖將第一錫箔通於收筩末一錫箔通於地摩器轉動時各字俱現甚亮又可將錫箔成方形等花紋繞抱於玻璃管長約三四尺傳電氣時火星甚佳

第二十九圖

花管轉動之器如第三十圖以玻璃爲管一端作平兩圓一端漏空長約十寸徑約四分寸之三上端連銅球或平滑之錫片用錫箔繞於管成螺絲管下用灰連木帽或銅帽自帽橫出銅絲四五根銅絲之端彎成正角另有不通地之架上有大銅絲一條通至管內甚易轉動將管上之上端近收筩即發電光甚美

第三十圖

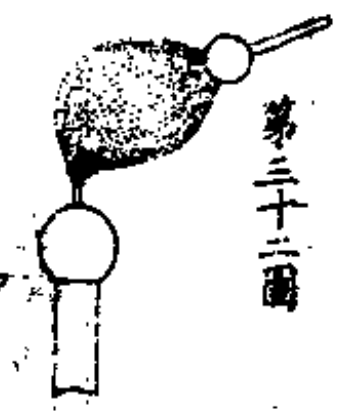
回茲頓嘗彗形電光之形謂觀雖似相連實乃發多電氣

星行過甚速也凡有難傳體在易傳體之間而以電氣附過即有如此法辣待謂彗形光因空氣內有電氣附過所成非傳過所成也又云專賴附電氣之力收筒之桿與房牆間之空氣受附電氣而成對極之性近於桿端其性猛近於房牆其性微故近於桿端之空氣有此性極猛必速刻爆開放其電氣離桿端數寸之空氣此性較微不足爆開近桿之空氣質點已爆開速失其對極之性其桿即得回原電氣第空氣質點爆開則電氣傳至第二質點第二質點爆力傳力至第三質點餘類推

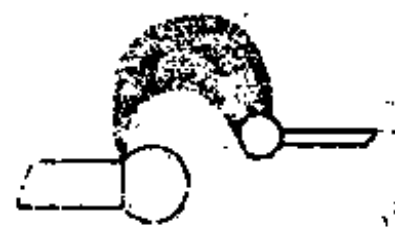
第三十一圖

常式彗形電光如第三十一圖用銅桿穿於球內球徑○七寸銅桿連於大力摩器之收筒摩器若不甚靈者則有法可助之成彗形如人手或他易傳之大面近於球則球之附電氣力更大或球作更小而用難傳之體如木為之則彗形更大而佳或球其上端周圍之空氣或加熱或用抽鬆彗形亦更大而佳用小球近大力摩器之大收筒則電光星可漸變成各形至彗形為止如第三十二圖第三十三圖第三十四圖法將放球與收球之方位改變則電光自彗形變為曲線形可知未放電氣之光所有附電氣之方向線同於在吸鐵

第三十二圖



第三十三圖



第三十四圖

上置白紙白紙撒細鐵屑鐵屑所成之各曲線也法辣待考知彗形電光與電星經過各種氣質性各不同如經過淡氣易成彗形淡氣極鬆則色光形俱甚佳彗形電光所有之聲似多人小語因彗形能分為支每爆一次成一支即成一聲也粘光放正電氣而有甚細之尖則尖處周圍相近之空氣內發亮似螢火又似擦爍有此則無火星與彗形光矣粘光與彗形光二者俱有風或向外發或向內發因有空氣或收或放也用圓銅絲徑○三寸端作甚尖常成粘光端愈銳愈易成空氣鬆則不尖銳亦易成用銅球徑二寸半置於罩內傳以正電氣抽鬆罩內之空氣至得水銀四五寸亦能成粘光厚約二寸法辣待曾試用銅球徑一二五寸以負附電氣傳於球而抽出罩內之空氣至極鬆則球之周圍有粘光甚美漸更亮至厚半寸餘用手切罩之邊則光能改形有時在球頂成光圈光圈或漲或縮每秒約四寸至五寸

傳或正或負之電氣而爆裂 第二十一節

法辣待意謂傳或正或負電氣而爆裂在各時與各物不同如難傳之物桿端之光略爲彗形而容負電氣之桿端成星形如第三十五圖若桿多伸出之尖則正電氣與負電氣之式略相同

第三十五圖

銅絲端圓而在空氣內發彗形光則負電氣銅絲所成之電光較諸正電氣銅絲所成之電光小而暗用金類大球連於收筒再以通地而甚細之銅絲漸相近之則稍遠而銅絲之尖能成光星愈近則光星愈亮極近則改形球若連於墊則銅絲稍遠時尖上亦成光星至距約一寸半光星變成彗形再近約至八分寸之一又無彗形而有光星如用金類圓桿徑○三寸伸出於空氣內而連於墊則爆裂而次數甚速爲連於收筒之速七倍至八倍雖速而每次電氣之數則少法辣待又試以數他質代空氣則彗星光在正極與負極性與形各不同總之用相同之傳電氣兩小體在空氣內一連正極一連負極則近負極者雖濃小亦能放電氣而爆裂惟每放一次之電氣則少

第四章論來頓瓶

考知來頓瓶紀 第二十二節

墨身不路克見容電氣之體久遇空氣電氣能散擬用難傳之質包之使不易散於乾隆十年以玻璃瓶盛水而容電氣於水內初不見異後有顧來司得者忽一手執瓶一手執瓶內之銅絲覺身受電氣力此即知來頓瓶之端倪也嗣後各國格致家多年考究之至今爲電學之要事餘見總論

來頓瓶之理 第二十三節

易傳之體通地而近於金箔顯器則電氣能增多見第十三節如前第十九圖將甲乙圓板移至甚近於甲乙圓板而不相切以電氣容於甲乙圓板再將甲乙圓板移開則電氣增多能見金箔張開益多

將玻璃筒摩擦近於顯器之帽使甲乙板通地而與之相近則金箔之張開不遠因其電氣附過二板之間空氣而顯器之帽所容之同性電氣散至地球內也取去甲乙板則金箔張開能遠因二板間之空氣對極性更大也容電氣之體與通地之體愈相近則二板間空氣對極性愈大大至其限則電氣附過空氣附過之時或成火星

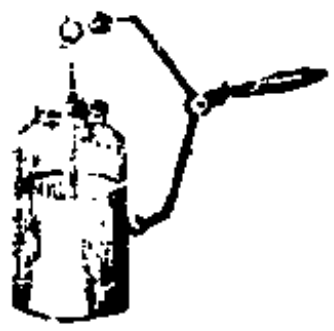
二板之間若不隔空氣而隔玻璃或象皮則附電氣力依所隔之物質點之粘力其理略同增電氣器如第十九圖如第二十圖用玻璃或象皮代空氣使甲乙板連於摩器之收筒而甲

乙板通地將摩器轉動則二板間物質之質點成對極性甚猛如用手指暫切甲乙板而使通地則發火星又若久連於收筒而久不使發火星再若使二板俱不通地亦不連於收筒則前所連於收筒之板容滿負電氣以鬱銅絲一條二端各切一板則電氣爆開成光星與大聲而二板間之對極性減小將玻璃片兩面各粘錫箔玻璃之周圍留邊一寸半事與前同又凡易傳之體與能附之體形雖改變力與性則同然玻璃瓶或管較玻璃片更爲便用故常以錫箔包玻璃瓶用之名爲來頓瓶來頓地名也瓶容電氣之數系乎所包錫箔之面積容電氣之濃系乎玻璃之厚瓶若過薄而電氣甚濃則玻璃質點之對極性能勝質點之結力而瓶自裂即放電氣附過瓶體也

來頓瓶造法 第二十四節

常式來頓瓶如第三十六圖內外面各有錫箔瓶口以紅木爲蓋中有銅絲上端有銅球下端有鏈切於瓶底之錫箔右端爲鉗用銅絲彎如叉兩端各連銅球以玻璃爲柄人手執之使一銅球切瓶外之錫箔一銅球切瓶上之銅球則外內錫箔之電氣能傳放

第三十六圖



久存電氣之來頓瓶如第三十七圖內外面各有錫箔與常式來頓瓶相同另有玻璃管內面有錫箔至半高上有銅帽蓋之管用石灰連於木蓋內又有小銅絲在管之內上端有小球能自銅帽傳電氣至內錫箔以常法容電氣倒覆之則銅絲鬆而自落下其內錫箔不遇外空氣故電氣能久存可數月或數十日不散

第三十七圖

哈里司所造來頓瓶如第三十八圖瓶口不蓋密有紅銅管通至瓶底如辛庚徑八分寸之三管頭加煖乾之木球如己管底有座用灰粘於瓶底瓶下預糊紙圈紙中有孔庚辛稈可相切於瓶底其管通過足之中用單瓶者必安於能傳之架架用短玻柱爲足外上漆使不通地

第三十八圖

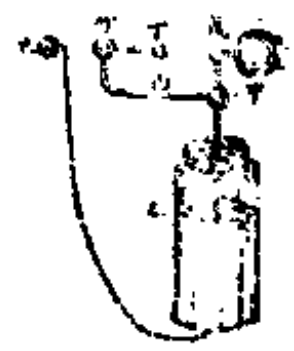
測容放電氣法 第二十五節

單來頓瓶或多連來頓瓶所容電氣之數略可自摩器之轉數而知之或自測器而知之用測器連於一瓶可知相連各瓶之共數又自二體推開之遠近可知電氣之濃淡亨利刱造之測器如第三十九圖甲爲象牙半周丁爲所

第三十九圖

連之木桿象牙半周之心有釘挂乾稻草針草端連樹心球木桿之下有釘可插於瓶球之孔內瓶容電氣愈多則稻草成角愈大視其角度可知瓶內電氣之濃

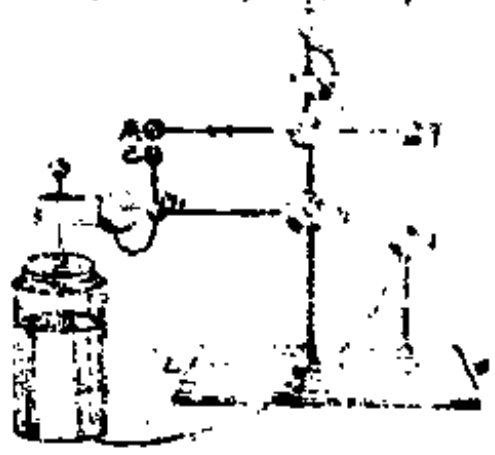
第四十圖



來捺側造測放之器如第四十圖可測來頓瓶所放電氣數之多少甲爲摩器收篇之球乙爲來頓瓶瓶內上伸之銅絲橫有玻璃彎管管外敷漆管端有銅球如丁球中有孔貫以銅絲兩端各有銅球如已丁銅絲在丁球之孔內能移動可使丁球距瓶上之銅球或遠或近即能制所放電氣之多少

格得白生朔造之測稱如第四十一圖甲乙爲木座長十八寸闊十六寸座上有玻璃柱二柱有銅球如丁戊丁球之下有銅勾戊球之上又有球如乙以二半連成下半連於銅柱上半有槽與下半相合易於相連或相離庚辛爲橫銅絲兩端有空銅球中有如天平之刀稍在重心之下而倚於乙球之間有相配之銅托乙球有孔能

第四十一圖



容橫桿能下至丁而上桿在庚邊之段分六十分挂以移動之權可移至某分此法亨利所朔也桿勢若稍斜則將權稍移向乙使庚端漸升至辛與丁相切爲止將鏈使丁球與來頓瓶之外皮相連戊球與來頓瓶之內面相連子爲半弧插入乙球內而針向辛則可見瓶內所容電氣之數設權重十五英釐而挂於十五分點則庚球壓己球之力有十五英釐瓶內之電氣增多則己球欲推庚球至力能起重十五英釐庚球即上升而權自向乙移至辛球遇丁球時來頓瓶之電氣即放出電氣之力濃之平方爲比故推力所勝之權重能知電氣之濃設電氣若干濃權在五分點電氣濃二倍則權必在二十分點

亨利之公用放器如第四十二圖以木爲座中有柱柱頂加木板板之上面嵌象牙一片已爲螺絲能令木板上下至應當之高己己爲兩玻璃柱在木座之上柱各有銅冒如未冒上有活節能左右四面活動節上有管管以容銅桿桿之一端有銅球或有銅扭如用乙又一端有銅圈或玻璃柄欲受附過電氣之物置於中木板上手執兩玻璃柄而對準在板之兩邊將一銅冒連於來頓瓶之外皮又用常式放

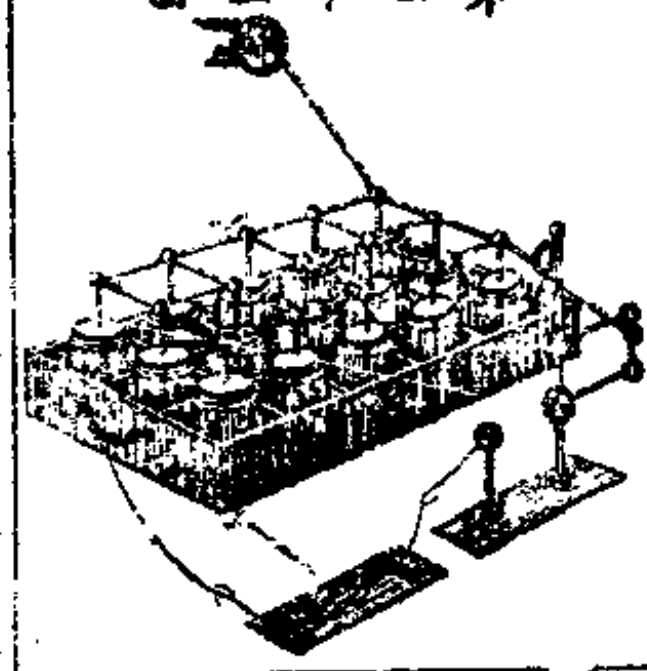
第四十二圖

鉗切瓶之銅球與又銅圈以放瓶內之電氣電氣即附過木板上之物矣有時木板之物用已螺絲夾緊則欲附過某處能準

多連來頓瓶第二十六節

多來頓瓶相連如第四十三圖共有十五瓶各瓶共安於箱內箱底之內面粘錫箔使其外面盡相連以銅桿連各瓶上之球使其內面亦盡相連而連於格得白生測稱及燒金類絲之器其容電氣之法與單瓶相同將相連之銅桿與摩器之收筒相連箱內之錫箔與皮墊或放器相連是也哈里司之法將各瓶列成圈形圈心連於摩器之收筒而各瓶彼此相連又連於圈心

第四十三圖



多連來頓瓶可容電氣甚多嘉慶五年間格得白生為荷蘭國博物會造極大之器共用一百來頓瓶每瓶粘錫箔面五平方尺半全錫箔面五百五十平方尺用極大力之摩器使容滿電氣而發現甚奇能使大鋼條變有吸鐵之性黃楊木塊方四寸者裂開成片鐵絲長二十五尺徑一百四十分寸之一者鎔為紅熱之圈滴錫絲長八寸徑八分寸之一者化為藍色之氣容多電氣之瓶必極謹慎錫箔面雖不及五百五十平方尺已能傷人甚重用呆倫伯之測器則可常知所容電氣之力而免危險

餘存電氣第二十七節

來頓瓶久容電氣雖已放之瓶內必仍存電氣若干分未去法辣待謂電氣不特在玻璃之外面而亦入其內質也蓋玻璃外面之電氣力甚大能勉強正負二性至玻璃質內而相近故彼此在質內之附電氣力必大於玻璃全厚之附電氣力而外附電氣力自小已放之後則無勉強電氣入玻璃內質之力故電氣漸回至玻璃外面而仍覺其有力故多連之瓶不可不慎也法辣待又考得舍雷克與硫黃與鯨魚頭定質油（西名司潑馬西的）皆有此性

來頓瓶偶能自爆第二十八節

來頓瓶乾面淨者多容電氣易自爆裂將外國紙一片闊約一寸糊於瓶之內面紙條之中對錫箔之上邊則不爆矣星阿謂電氣原欲使瓶之此處爆裂糊紙則容電氣之

面加大而加大者爲難傳之質故不爆也乾隆五十七年格得白生謂來頓瓶內面稍溼容電氣更多錫箔面一百六十八平方尺之來頓瓶甚乾時用表擺游絲長八寸連於測稱稱懸在三十度則電氣自放而球未分開如在瓶口呼口氣令濕使內面稍溼則電氣必不自放必過測稱而放放時游絲能鎔成滴

試來頓瓶容放第二十九節

一內外兩面電氣異性如第四十四圖用彎銅如乙上端連銅球如丙下端連銅圈銅圈套於來頓瓶之外使丙球與瓶上之丁球同高再用絲線挂樹心小球於二銅球之

第四十四圖

正中而容電氣於瓶則樹心球立刻爲丁球所引一引即推又爲丙所引亦一引即推又爲丙球所引如此迭更推引至久而停停後用放電氣鉗放之見第三十六圖無光無聲知電氣全爲樹心球所放去矣可見瓶內外皮之電氣爲異性故二球之電氣亦異性也又如第四十五圖有三鐘二椎用金類絲挂二外鐘用絲線挂中鐘並二椎於不通地之橫桿另以來頓瓶置於不通地之架而中鐘用鏈通入地而以來頓瓶連於挂鐘之架則椎在其間來

第四十五圖

往敲鐘用手指切來頓瓶之外錫箔鐘亦可敲

二立丁白格以電氣成花紋將增電氣器之松香板如前第十二圖使乾面煖以容正電氣來頓瓶之球在松香板面任意畫成花紋再將硫黃粉與鉛丹和勻用篩撒於松香板面將板漸漸傾倒則來頓瓶球所畫之花紋有硫黃粉粘連而鉛丹盡落去若以容負電氣來頓瓶之球而同法爲之則鉛丹粘連而硫黃粉盡落去此因硫黃與鉛丹調勻時變成互有異性即硫黃有負電氣鉛丹有正電氣所以謂和之粉過松香面則硫黃粘在正電氣處而鉛丹粘在負電氣處此即電氣同性相推異性相引之理也

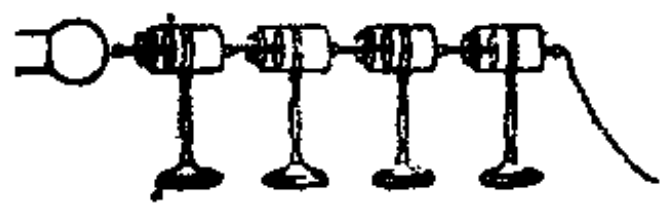
先用容正電氣來頓瓶之球在平滑玻璃片面畫成花紋再用容負電氣來頓瓶之球在此玻璃片面另畫花紋亦篩調勻之粉將玻璃片傾倒則所留之線有黃紅二色之紋

三餘剩電氣將來頓瓶外配鬆錫壳代錫箔以常法容電氣而安於不通地之架上再將易傳之物屢次切瓶之銅球則電氣漸漸放去而玻璃仍回原狀再將瓶容電氣而去其錫壳將瓶安於不通地之架上則瓶仍久容電氣蓋因傳電氣至瓶內皮之銅絲尚留而未去故附電氣不直過玻璃至外錫壳而幾分過空氣至周圍易傳之體也此

過空氣之幾分附電氣名爲餘剩未化之電氣如將易傳之體切來頓瓶球而放其電氣則外殼必有相配之異性餘剩電氣因有附電氣能自外殼至周圍之物間而顯也去其外殼則必全過玻璃而有附電氣因而玻璃一邊所容之電氣在彼必適有同數異性之電氣對之所以瓶之電氣與周圍之各物不相關

四瀑布來頓瓶如第四十六圖將數來頓瓶各平臥於不通地之架上使末瓶通地而首瓶近於摩器之收筒若其間每發一電星則各瓶之間必皆發一電星久之而各瓶俱容滿電氣可以每瓶分放而現一瓶之力或各瓶連放而現各瓶之合力惟各瓶必同直立於易傳之一面上再用易傳之桿連各瓶之球也

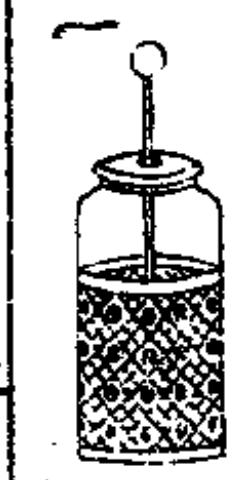
第四十六圖



白格司云使各瓶之位置極合於容電氣則放之能有火星甚長甚亮若各瓶逐一容電氣至其濃相同後忽迭更安數正負之面而相近不切此瀑布之法係弗爾克令所設其理係所見來頓瓶傳過之電氣雖多而所容之電氣數不必多因此面容入彼面放出其數相同也

五花光來頓瓶如第四十七圖將玻璃大瓶內外二面各糊斜方形錫箔塊各塊之邊約一寸中作一孔徑約一分寸之四在玻璃面湊合使對角線合垂線與平線在外而者各角相距十二分寸之一在內而者各角相距極近而各角各對外面者中心之心容電氣時能見電星自各角跳過放電氣時能見全面盡發光亮花點極趣

第四十七圖



六瓶內電氣容於玻璃兩面以錫皮爲來頓瓶外殼易於相離內殼連銅絲過玻璃管而易自瓶內取出或上端彎而可用玻璃柄鈎出將瓶容電氣詳慎取出其內皮安於近處將瓶倒置於難傳之物上如桌單再將外殼亦取去而將放鉗同切內外兩殼無光無聲或執於手中不振可知不容電氣也再將內外二殼裝好於瓶用放電氣之鉗以常法放電氣有光有聲可知瓶所容之電氣在玻璃之內外兩面而不在內外二錫殼也其錫殼之用僅使容電氣之質點各能相通而已

七電氣之力光熱試力之法將厚紙或薄紙數層包已容電氣之來頓瓶或將紙置於公用放器兩銅球之間而放瓶內之電氣則紙打成孔孔處向內外二方向凸出似打

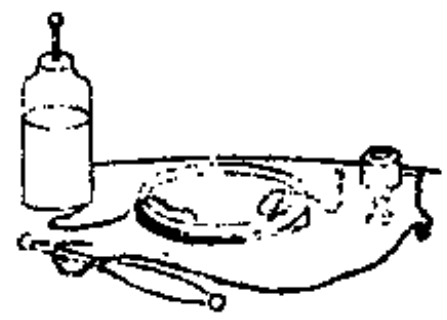
孔之力自紙中發出者然又法將銅絲二根入於木內長半寸徑四分寸之一使銅絲之兩端在木內相距八分寸之一以多電氣傳過銅絲則木能劈開又法將銅絲二根端各有小球安於酒杯內相距約半寸傾水入杯內至滿大半如第四十八圖將甲銅絲與大來頓瓶之外錫箔相連又用放電氣鉗將乙銅絲連於瓶之銅球而放其電氣則玻璃杯磔裂而水散又法用厚玻璃一片安於公用放器之板內而緊其螺絲壓住玻璃片以多電氣過之則玻璃破裂且有數處成粉試熱之法將馬棕鬆包於放鉗一銅球之外用松香粉撒於馬棕之上將鉗之他銅球切已容電氣來頓瓶之外錫箔將包馬棕之球忽切瓶上之銅球則放電氣而馬棕與松香能燒又法如第四十九圖將火藥少許安於不通地之木杯如甲再將銅球移於杯上稍相離托此球之桿端連於玻璃柱上之活節再將丙丁二鏈通至已容電氣來頓瓶之內外皮則放電氣而火藥能燒用木杯者欲其難傳也若用金類等則易傳而電氣太速火藥不及燒矣依回茲頓試過者一秒時內電氣能行二十八萬英里如將公用放器置火藥於象

第四十八圖

第四十九圖

牙片上如前第四十二圖使來頓瓶之電氣傳過則火藥四面飛散而不能燒又法以象牙作田雞小礮如第五十圖內盛火藥再用磁盆盛水以通電氣之鏈兩端入水內相距約十寸至十二寸放電氣之時礮內之火藥能燒因水難傳而阻電氣之速故火藥能燒也試光之法將雞卵五六成列而俱相切稍以電氣傳過即發亮又有數體使電氣傳過暫能有光光色各異白石粉橘皮色水晶先紅後白色鎖養硫養綠色煆過之蠔殼七彩色洋糖塊綠色

第五十圖



八燒金類將錫箔或金箔夾於二紙之間使金箔邊出於紙之外再夾於公用放器之板間以螺絲壓緊之次放多電氣傳過則金類必燒盡用金箔者燒之成青紫色燒各種金類絲必用多連來頓瓶如前第四十三圖以金類絲安於白紙之面而二端引急用多電氣傳過則甚光亮有各色映於紙面而金類不見

金絲　徑一百八十分寸之一　紫色葡萄色

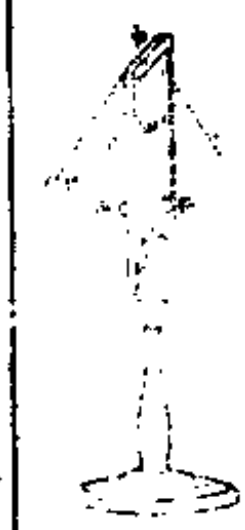
銀絲　徑一百六十分寸之一　灰棕綠色

銅絲　徑一百八十分寸之一　灰淡棕色

紅銅絲　徑一百六十分寸之一　綠黃棕色
鐵絲　徑一百八十分寸之一　淺棕色
錫絲　徑一百八十分寸之一　黃灰色
鋅絲　徑一百八十分寸之一　深棕色
鉛絲　徑一百八十分寸之一　棕綠灰色
黃銅絲　徑一百八十分寸之一　紫棕色

九兩面電氣相等將玻璃片二面貼錫箔如第五十一圖

第五十一圖



甲直立於架上用二樹心球如己卯挂於錫箔之面使吧錫箔面通摩器之收箔使卯錫箔通地則摩器轉動時己球爲吧錫箔之餘剩電氣所推開而停停至多時摩器不動則吧錫箔之餘剩電氣漸散而己球亦漸下至其原處再動摩器又使哪錫箔不通地則己球仍漸下至吧錫箔同時卯球上升而己球下至甲卯球至乙二球中之角略與前同後則二球俱漸下至電氣漸散而止二球向下之時如用手指切哪錫箔面則卯球速下指若再離錫箔則己球速上與卯球所下相同後則己球必下卯球必上至略在前處而二球俱向下指若切吧錫箔則己球下近錫箔而卯球向上屢次相同錫箔可迭更切兩面至電氣散盡而止此因哪錫箔通地時無餘電氣故卯球不能迭至吧之餘電氣已散則必自卯球放同數之異性電氣入地內故必屢次相同至全散而止若兩面不通地而已球之餘電氣俱散則自卯球亦必放同數之異性電氣惟此不能通地故變爲餘電氣而使卯球推開此餘電氣又漸散至所容之電氣散盡而止也

來頓瓶亦與前相同用瓶外錫皮稍高於內錫皮者而容電氣用蠶絲線繫其銅球與桿而拔出之再將移電氣球或加於內皮或加於外皮不現電氣之狀因內外外之電氣於玻璃有附電氣之力故不能外現也將瓶不通於地而換瓶之球與桿則瓶與周圍各物間之空氣必有附電氣而玻璃對極之性必減小故能外現電氣之狀又能容電氣於移球同時外皮必有異性電氣用舍雷克板一塊用銅絲布作大小二圓管大者入小者放內而不相切同安於舍克板之上此與來頓瓶同理二管間之空氣代來頓瓶之玻璃也自摩器之收箔容電氣入內管以絲線挂銅球再用圓紙一塊面糊金箔以舍雷克爲柄將此切於內銅絲布管之內面而以顯器試其金箔紙知無電氣再將此又切於內銅絲布管之外面以顯器試之知容正電氣又將此切於外銅絲布管之外面而試之知無電氣再

將此切於外銅絲管之內面試之知容負電氣

十旁附電氣易傳之質稍阻電氣之傳即謂旁附電試法

如第五十二圖用長銅絲一端有金類球如寅挂於空氣內又一端戊通地而近於寅與戊之兩端與申點相離半寸再用來頓瓶外皮通至戊內皮通

第五十二圖

至寅則申點現大光星因銅絲長其阻力增大至等於空氣之阻力或更大也再有試法使銅絲申點之相距至光星易現以卯與辰另連於來頓瓶內外皮則申點無火星因有旁附電氣而減去電氣之濃也其電氣之數雖未改但力不足行過申相距而循銅絲行至地內矣惟放其全電氣所費之時久於前法

英國電報公司之人克拉克見不能解之數奇事法辣待亦謂其因旁附電氣有濃化器不通地其極連於包象皮之海底電繩長一百英里其他極通於地斷其電氣二三分時後人手切電線大受電氣力能使火藥燒能使測器大動此因海底電繩變成極大來頓瓶容化器之定電氣而附過象皮使象皮外之水容異性電氣其濃雖僅等於化器極之濃惟銅絲包象皮面甚大故其數亦甚大而能現力亦甚大若將此繩挂於空氣內無水為外皮即無附電氣而內銅絲不容定電氣矣若此繩外加金類管則與在水內相同

餘電氣與散電氣 第三十節

易傳之體在房內而不通地所容之電氣與房四面牆壁之相關同於來頓瓶內皮所容之電氣與外殼之相關不可謂此更為放散也如有能將不見電氣之處亦能顯電氣即已容電氣之來頓瓶外皮不通地而切其內皮則外皮顯有電氣其故即因附電氣力自此處移至彼處也或謂餘電氣與散電氣其行法與性有不同者非是粘錫箔之玻璃能容電氣與平常易傳之物能容電氣惟力之大小不同而容電氣之理相同也

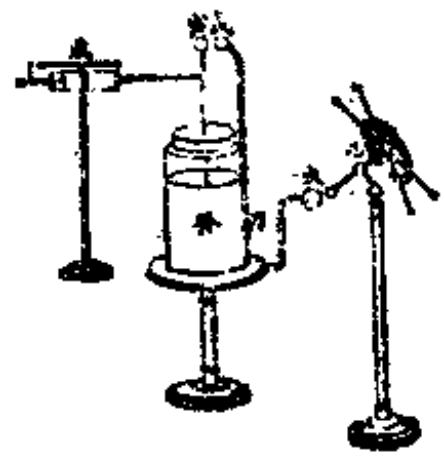
旁放電氣 第三十一節

來頓瓶容滿電氣而安於不通地之架上以放電氣鉗如常法放之則外皮與通地之體必現小火星或不執玻璃柄而執彎銅絲放之則手稍覺振動或將小鏈安於桌上一端切於瓶之外皮則放電氣時鏈能發光皆因旁放電氣也旁放電氣者外皮有餘電氣鋪散故也凡來頓瓶容電氣時內外皮之電氣必不真相平故瓶之外皮常有餘正電氣或餘負電氣鋪散

旁放電氣之性與理如左

一驗旁放之器如第五十三圖將來頓瓶癸容正電氣移於不通地之架而放去之用顯器試其銅球寅與放器戊兩兩外皮癸三物有無電氣與其性之正負乃知為有而其性未放時相同而有餘正電氣

第五十三圖



二將來頓瓶癸如前法容電氣去其銅球之餘電氣而放之則來頓瓶之外皮與相連之器容之電氣俱與未放時相反而有餘負電氣

三放電氣之後遽將金類與瓶之外皮相切見有火星誌瓶內尚有電氣少許可知此火星乃其餘電氣所發也

四用來頓瓶有錫箔面二平方尺者容電氣若干數以測電氣瓶戊測之再將易傳之桿一端連於瓶之外皮一端有球未與顯器已相近仍用戊兩桿放來頓瓶之電氣雖已放去而顯器之針必因餘電氣而仍偏詳觀而記其數再用來頓瓶有錫箔面二倍者容電氣與前同數而加前法則觀針之偏數必少再用錫箔面三倍者四倍者至多倍者而餘電氣力略無幾略不偏矣再使瓶通地則有若干電氣而火星不見

五用各來頓瓶有錫箔面二倍三倍至多倍者而容電氣數亦加其倍依前法試之則餘電氣相同而顯器針之偏皆同

自此二者可知錫箔面有大小而與電氣之數有比則旁放之力相同其火星因瓶面錫箔之面積也

大摩器轉動甚速則皮墊之銅絲雖不通地亦能發旁放電氣星此因收箭所容之電氣與周圍所有易傳體之間成附電氣而容電氣器之二放點間之空氣已容電氣故易傳之體近其銅絲則銅絲能發電光星至摩器不發電氣光星而止此銅絲若在連於摩器上則無火星亦無旁放電星因摩器之收箭不能容甚濃之電氣故相對易傳之體必用電星之法放電氣惟容電氣體之面愈大力亦愈大

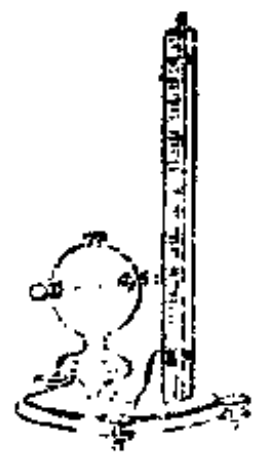
容電氣之例第三十二節

哈里司用測電氣寒暑表並量電氣器考得容電氣之例甚詳

測電氣寒暑表如第五十四圖上玻泡中繫甚細之鉑絲下玻泡中盛有色之水泡底焊連長玻璃管管彎上而連於分度面全器相連俱不洩空氣上泡之頂有螺絲轉之可使內水正至，度以電氣傳過鉑絲而發熱則傳於泡

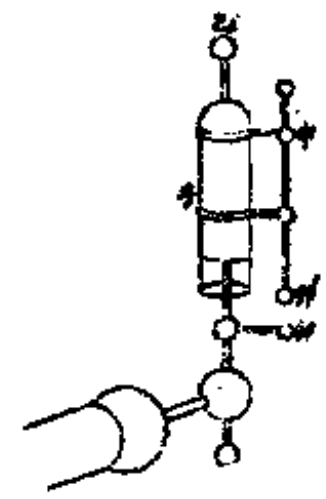
內之空氣空氣漲大即壓下泡之水入管內而上升視分度可知升高之數此數與電氣數之平方有比

第五十四圖



量電氣器如第五十五圖用小瓶如子有錫箔面約六寸以為量倒套於銅桿外銅桿連於摩器之收簡或另連不通地之架將欲容電氣之來頓瓶外皮連於此

第五十五圖



器之乙球而以卯卿二瓶記子瓶容滿電氣所放之泡數即可以子瓶量來頓瓶所容電氣之數卯球之桿在申桿有螺絲可使卯卯二球之相距或加或減則每次所放電氣之數能或多或少桿旁有分度可知每次所放電氣之數極準

一例摩器之玻璃板每轉一周所發之電氣必相等無論發至未容電氣之面或已容電氣之面皆然

二例錫箔包之面在相等時中所容電氣數必相等故玻璃板轉之周數能度所發電氣之數摩器轉四周使電氣放過測電氣寒暑表則水升九度再將錫箔面五平方尺之來頓瓶安於不通地之架外皮用銅絲連於第二相等通地之來頓瓶相連來捺之測放器如第四十四圖電氣寒暑表亦連於電路之間摩器轉四周水仍升九度第二瓶之餘電氣放去之後使第一瓶存電氣不放將摩器再轉四周而放第二瓶之電氣則寒暑表亦升九度如第二瓶換更小之瓶約摩器每轉一周能電氣放一次至不通地之大瓶容滿因第二瓶俱自第一瓶之外皮而得電氣則每放電氣一次能度摩器所發電氣之數因放電氣數與摩器板之轉數相同則不通地之瓶容之電氣依相等之倍而加多其每次放電氣入瓶內所增之電氣相等

三例錫箔之面相等則電氣之數與附過之路有正比故能附過之路可度電氣之數將各有錫箔面五平方尺之兩來頓瓶相連再連來捺之測放器使其二球相距十分寸之一則摩器轉二周半放電氣一次相距十分寸之二則轉五周放一次相距十分寸之三則轉七周放一次相距十分寸之四則轉十周放一次

四例電氣之數相等則其力與錫箔之面有反比仍如前而減去一瓶使其二球相距十分寸之四則轉五周而放一次仍用二瓶使二球相距十分寸之二亦轉五周而放一次再用三瓶而使二球相距十分寸之一亦轉五周放一次

五例電氣數與面積以同比而增則所能附過之路相同電氣數若增而面積以同比而減則所附過之路與電氣數之平方有比用來揉測放器使二球相距十分寸之二而用一來頓瓶則摩器轉二周半而放電氣一次若用相同之二來頓瓶相連則轉五次而放電氣一次若相同之三瓶則轉七周半而放一次若使二球相距十分寸之八用一來頓瓶而面積減半則轉十周而放一次設午爲電氣數壬爲相距申爲面積則得式爲 $\frac{\text{申}}{\text{壬}}=\frac{\text{午}}{\text{壬}}$ 即六例空氣阻放電氣之數與空氣緊數之平方有正比抽氣罩內安測放之器其二球相距若有定使空氣之緊減半而用電氣之數亦減半已能附過電氣相同附過之力有四分之一則空氣之緊減半而能附過之路爲二倍即所能附過之路與空氣之緊有反比

哈里司近來考得之例第三十三節

同治三年六月初八日哈里司將近來考得電氣之例與性報於英國大博物會其略曰凡方平面能容電氣之數不特在面積之大小亦在界線之長短曾作長方平面長三十七五寸闊五六六寸面積一百平方寸四邊界線之長約八十寸又作正方平面方邊各十寸面積亦百平方寸四邊界線之長僅四十寸二者之面積雖略相等然長方形容之電氣多於正方形

容電氣之數依面積與邊線二者由此可知凡諸面必有邊限而電氣質點彼此之位置與此邊限大有相關球或平圓面以周爲邊限平方而以四邊爲邊限邊限若爲常數則容電氣之數與面積之平方根有比面積若爲常數則容電氣之數與邊限之平方根有比面積與邊限二者皆是變數則容電氣之數與面積之平方根及邊限之平方根相乘之數有比

設丙爲容電氣數申爲面積乙爲邊限虛爲常數即放電氣所依之主數則得式 $\text{丙}=\text{虛}\sqrt{\text{申}}\,\text{乙}$ 此爲容電氣之公式鮮有不合此式之事者

從此式可知面積二倍邊限亦二倍容電氣數亦二倍故能容電氣之數與面積有比因容電氣之數原與面積之平方根乘邊限之平方根之數有比也面積若與邊限同則容電氣數與而積之平方或邊限之平方有比故面積所電氣數必與面積有比

設丑與乙爲平方面之長與闊則面積能容電氣之數爲 $\text{丑}\sqrt{\text{丑乙}}\,\text{乙}$ 用器試之與式不差

此容電氣之數與電氣之濃不同哈里司之說電氣之數

者測器指定某數以面積有大小即所容電氣之數有多少也電氣之濃者面積有定數所容電氣數有多少而測器所指之數亦必有多少即電氣濃之大小也哈里司謂平方面容電氣之濃與邊限乘面積之數有反比面積若爲常數則濃與邊限有反比邊限爲常數則濃與面積有反比面積與邊限同爲變數則濃與面積或邊限之平方有反比故面積二倍邊限亦二倍則濃與面積之平方有反比又平方面爲常數則容電氣已依測器而知其濃若再加電氣數而加濃則所已容電氣數之平方數與測器所現之濃有比

論此諸例以其面爲相連成一塊而非分爲多塊者若求平方面所容電氣數而記之再將其面分成等面積等形之兩分相離各容電氣之數相等若電氣之數與邊限同增則濃不變

將相等之三球各球容電氣之數相等或分連或共連於測器則共連時之濃與分連時之濃相等雖多球亦然

將若干面積平分二分相離而容電氣二倍其二分之邊限等長則電氣之濃與面積之平方有比如用一測器準試二分則測器指之數爲獨試一分能容之電氣數二倍即所容電氣之數與面積有正比

將電氣若干數容於相同之兩瓶則兩瓶之電氣濃各僅等於容於一瓶者四分之一濃與面積之平方有反比也若兩瓶相連而測之濃不改而數則爲二倍濃相同則數與面積有比也

來頓瓶之面積不改則濃與數之平方有正比電氣數不改則濃與面積之平方有反比故電氣之濃與數之平方以面積之平方約之有比設丙爲濃午爲數申爲面積則 $\frac{\text{丙}\times\text{午}^2}{\text{申}^2}$

此式爲電氣容於相等而分離之面電氣數與面積同增而電氣濃不改者如連容電氣於等大等式之來頓瓶是也

英國 傅蘭雅 口譯
無錫 徐建寅 筆述

英國瑪換德著

電氣傳行之速 第三十五節

電氣之行速極大意想所不到尋常極大之速與電氣之行速比略同於靜物與尋常極大之速比試將有輻之輪轉動極速至不見其輻忽發電氣光飛過則忽見各輻停而不動此因輪轉雖極速而電氣光飛過之頃輪所轉過極少目不能辨也故電光適發忽見飛蟲之翅亦似不動細孔放出之水條分成滴滴也

用厚紙圓塊作三半徑線分為三等分將黃紅青三色分加於三分之內以圓心為心旋轉極速則不見三色而見白色此即紅黃青三色相合而成之理同日光之白色若有電光忽過則不見紙塊之動而能分見三色焉

韋思敦以此理設器測定電光忽過之時不及百萬分秒之一其器用平圓回光鏡轉軸平臥以多齒輪使速轉每秒時得八百轉準回光之理影之角速得鏡轉速之二倍故鏡所回之光點每秒時有一千六百轉若見電氣光星在鏡內之回光能長至圓弧半度可知電光忽過之時必為十二萬二千分秒之一乃用黃銅絲長十英里中點與兩端有斷處使電氣傳過時必成三火星兩端之火星如在鏡上能差圓弧半度則電氣速每秒為五十七萬六千英里此為電氣由銅絲之此端傳至彼端也若依為正負二電氣自線之兩端同時彼此傳行則二外端之電氣星方向不變止有當中之光星有差而速為前數之半即一秒二十八萬八千英里

用此器之時所得之各事如下

鏡行之速大於限則三火星引長得三平行線鏡速愈大線愈長所見最大之長為二十四度即二萬四千分秒之一鏡之速小則三火星之點正在一垂線內轉速大而鏡向右轉則光線之形為 之式未有見為 之式或 之式若電氣獨為一路傳行則必如末二式也

電學家測電氣之速所記之數大不相同

美國華家用電報鐵絲每秒速一萬八千七百八十英里

美國阿彌治理用電報鐵絲每秒速二萬八千五百二十四英里

法國飛索與顧內勤用電報銅絲每秒速十一萬二千六百八十英里

法國飛素興顛內勒用電報銅絲每秒速六萬二千六百英里

英國固林回志卑利志周不勒巴司天文家用電報銅絲每秒速二千七百英里

英國固林回志與愛顛不格天文家用電報銅絲每秒速七千六百英里

右各數之不同因各質傳電氣之性不一且未計旁靜附電氣力（見第二十九節）及電氣之濃數與連傳電氣時之長短也傳時若短則靜電氣時與動電氣時或相合為一

放電氣傳過動物（第三十五節）

放來頓瓶之電氣傳過人身入所易覺

電氣少許傳過人之脊髓人必傾跌電氣極多人必死

動物之極難死者以多電氣傳過其身亦易死鱔魚即為動物中極難死者反馬路末試用稍多之電氣傳過鱔魚之身立死初知來頓瓶之時華得生使多人以手相接列成圈而第一人切來頓瓶之外皮末人切瓶上銅球中處之人所受電氣力覺小於兩端之人此可為電氣二邊傳動之據也乾隆十二年以來頓瓶之電氣傳過倫敦達迷斯河大橋處之河內又以電氣傳過二英里長之路又奴里以電氣傳過兵丁一千三百名又賈都斯天主教廟五千四百尺長路中之人皆覺有電氣

動物被電氣擊死者腐爛速而甚臭血不能結

初知來頓瓶之時以為大能治病用治各病病情相反相合俱所不計是以不能取效以為無用而厭棄之然治手震身震四肢拘連骨節疼痛抽搐之病（此病四肢不能自主）及數種耳聾目視不明之病頗有效驗今仍用之

電氣化學之理（第三十六節）

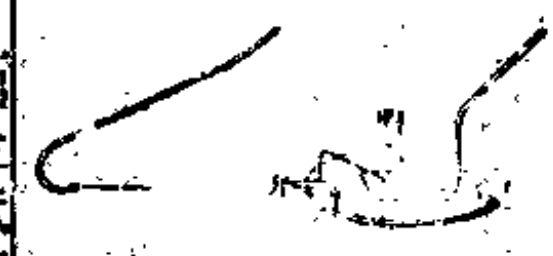
電氣傳過水中水即化分成氣胡拉斯頓用極細之金絲安於極細之玻璃管內而封密之將管端磨成極細之尖使尖徑為七百分寸之一至一千五百分寸之一同法作二管同安於水內使二尖相距八分寸之一至二十分寸之一發電光星射過水即化分

將水少許以立底末司染成藍色放電氣傳過則藍色變為紅色而盛管內之空氣則減少英國人不利司得利初知此事賈分弟詩謂其變紅色之故因成硝強水也

法辣待所著電氣書內云用摩電氣使各質化分可用空氣一極其試法如左

一用黃試紙（即達蒂利克換書）長三寸溼以鈉養硫養水安於玻璃片之邊距放電氣之物約二寸如第五十六圖再將錫箔一片鋪於玻璃片之面用銅絲一條如甲自摩電氣

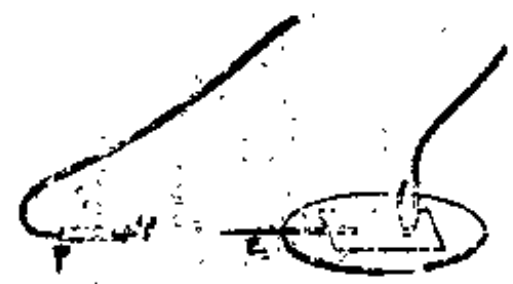
第五十六圖



器傳電氣自辛點至試紙內而在卯點散出所用之摩電氣器力大者轉四十周至五十周之後紙端卯點必見棕色知鈉養硫養必已化分而所餘之鹼類令黃色變棕色也

二用藍試紙即立低末司染者浸以鈉養硫養水切放電氣器之端如第五十七圖甲將端對巳尖巳尖連於摩器之收篇不久而紙之兩角變色因兩角自空氣收得電氣而化分成配質也再將黃試紙一端闊一端尖浸以鈉養硫養水連於摩器之收篇尖端對巳尖亦即變色因化分而成本質也再去其傳電氣之銅絲則電氣自黃紙之角散於空氣內亦化分而生本質

第五十七圖



法辣待用電氣依對極之理化分物質如第五十八圖用白紙一片上蓋玻璃一片玻璃片上安錫箔兩條如甲乙一用丙銅絲連於摩器之反墊一用庚銅絲連於摩器之收篇更用鉑絲兩端彎之使巳卯二點為化分物質之極

第五十八圖

點切於藍試紙而浸食鹽水或鈉養硫養水則巳點速生紅色或藍試紙浸輕綠水則巳點不久而漂白卯點無變若切於黃試紙而浸鈉養硫養水使摩器轉二三周則卯點變紅色轉二十至三十周則卯點多成碳類將紙轉移令所成之紅色至巳點之下再轉摩器不久則碳類不見而紙仍還黃色在卯點之下則又生紅色再將藍試紙與紅試紙同浸鈉養硫養水同安于玻璃片上使巳點切藍紙卯點切黃紙將摩器轉數周則藍紙生雜質黃紙生碳質

試此各事慎勿使電光星自空氣內附過因若附過則藍試紙變紅色附過浸鉀碘水之紙則生碘電氣光星之變化與電氣之化分必慎辨之故欲用電氣化分物質慎勿使電氣附過也電氣光星自空氣內附過之變化即使空氣之養氣與淡氣化合成淡養甚濃藍紙變紅而鉀碘即有碘化分矣

電氣之吸鐵性 第三十七節

摩電氣之吸鐵力雖不及化電氣之大然亦能易現而有定據

將鋼針無吸鐵性者橫加於紅銅條上中隔玻璃片或象皮以

來頓瓶放電氣傳過紅銅條數次鋼針即變有吸鐵性細觀針尖容某極之吸鐵氣再將第二鋼針安於紅銅條之下同法爲之再觀針尖容某極之吸鐵氣必與前針相反前針在電氣路右邊之端指北後針在電氣路右邊之端指南

用蠶線包於銅絲繞成螺絲管內安鋼針以大力摩器之收篇放電氣數星傳過銅絲則鋼針變有吸鐵性用來頓瓶放電氣傳過銅絲則鋼針之吸鐵性更大試針之南北極再安於銅絲管內令針之北極在電氣路之右邊再放電氣數星則針之南北極與前相反

多電氣傳過測器之銅絲則針雖偏而不多若用溼繩長三四尺連於放電氣之桿則針偏更多因電氣之速減小也電氣放火藥必減電氣之速與此同理自法辣待所試知電氣能使測器針偏之力與電氣之數有正比而與電氣之濃不相關

八來頓瓶相連用溼繩長約十寸連於大力摩器而轉三十周則測器之針偏五度半另將同尺寸之七來頓瓶與前之八來頓瓶相連共得十五瓶仍使摩器轉三十周則測器之針仍偏五度半再將摩器轉六十周測器之針即偏至十一度乃其據也

第五章論空氣之電氣

空氣爲容電氣之大源 第三十八節

地球外包之空氣容各法所成電氣其數與濃與正負各處各時不同略是天晴空氣燥爽時爲正天陰空氣雨溼時爲負高處電氣之力大於低處冬令之力大於夏令空氣靜而無風時濃於有風時

亨不得遊行南北阿墨利加近於赤道之處時時試空氣內電氣之改變而作書今錄其一如左

在鴨布辣河岸大風之時見空氣之電氣初爲正後爲中立再後爲負相換數次又在啞喇伯山巔大風雨時亦見如此又在亞辣固亞谷內亦見空氣之電氣與下霧同增用弗打測器測之至日落時現正電氣有時日間電氣成中立有時增至甚大不久而即略無云云

空氣之電氣每年每日不同 第三十九節

空氣之餘電氣每年自英國七月至十一月杪濃始增大每日之二十四小時內有兩次極濃兩次極淡日將出時爲第一次極淡至日已出濃即漸增後則其速甚速日出後數小時爲第一次極濃過此而後濃即漸減至日落前數小時爲第二次極淡日臨落時其濃即增至日落數小時爲第二次極濃此後濃又漸減至日將出時爲次日第

一次極淡每日皆然

英國紀和星臺官羅禄子自道光二十年起至二十八年七月止共三年又七月詳察空氣之電氣而紀者共一萬零五百次內有正電氣一萬零一百七十六次負電氣三百二十四次其正電氣次數極多者在辰正共有一千零四十七次其正電氣次數極少者在卯正共有五百六十六次電氣極淡在丑正自此至卯正電氣之濃漸增自卯正至辰正之間濃增甚速略爲二倍辰正而後濃增較慢至巳正而極濃乃始漸減至申正爲日間之極淡與夜間之極淡相對自申正至戌正濃增甚速至亥正爲夜間之極濃更濃於日間之巳正自亥正至子正濃減甚速子正至丑正濃減無幾

正電氣一萬零一百七十六次內在夏令五千五百十四次在冬令四千二百六十六次夏令之濃較冬令爲平勻夏令亥正至子正減淡亦不少而極淡在丑正此後濃漸增大至巳正而極濃至午正而又減至極淡即又漸濃至酉正而速增至亥正爲極濃此後至子正濃減甚速冬令之濃較夏令更甚冬令極淡在寅正此後濃即漸增至卯正速增至巳正而極濃此後濃乃漸減至申正而極淡即又忽增至戌正而極濃此後濃又漸減至子正而減甚速冬令與夏令每日俱有雙進數易見極濃極淡時亦易辨其時大略有定電氣濃時多有下霧電氣淡時多是天晴因此人疑午前午後之極濃多因空氣含水質之多也其水質或見或不見

英國人白爾得云每晝夜電氣之濃漸增極濃之時有二略相距十二小時兩極濃之要者在亥正次者爲巳正兩極淡之要者在寅正次者在申正總之電氣每日之改變其極濃極淡依太陽之有無每年之改變則略相反太陽在赤道之南乃爲極濃又空氣含水質多之月內亦爲極濃凡日落時略比日出時更濃

空氣內不多有負電氣故不能其每日內何時爲最濃惟有之時每有大雨或雲成捲層捲堆故以爲負電氣係捲雲所成

卑利智國京都星臺官顧得來自道光二十四年八月起至二十八年十二月止詳察空氣之電氣而記各事由其所記者得三事

一英國正月空氣之電氣常最濃自正月至六月漸減六月杪爲極淡自六月至年終漸增

二每年之極濃極淡有六百零五與四十七之比即正月電氣力略爲六月之電氣力十三倍

三極濃極淡之較天晴時大於天陰時但六月與七月無論天時晴陰略同

顧得來又見臨兩時與兩初停時電氣或正或負其力俱大記之四年見負電氣僅二十三次者在大風雨之或前或後

顧得來得五公理略與白爾得所得之公理略同

一空氣之電氣在某高處而測之則每日常有兩次極濃與兩次極淡

二極濃極淡之數年內各時不同

三夏令日間極濃時在辰正之前冬令在巳正夏令夜間極濃時在亥初冬令在酉正所以兩極淡間之時在夏至節爲十三小時餘在冬至節爲八小時

四日間之極淡夏令約六小時冬令約一小時

五周年每日電氣濃淡之中略在午初

白賈利亞與唐生考空氣內之電氣 第四十節

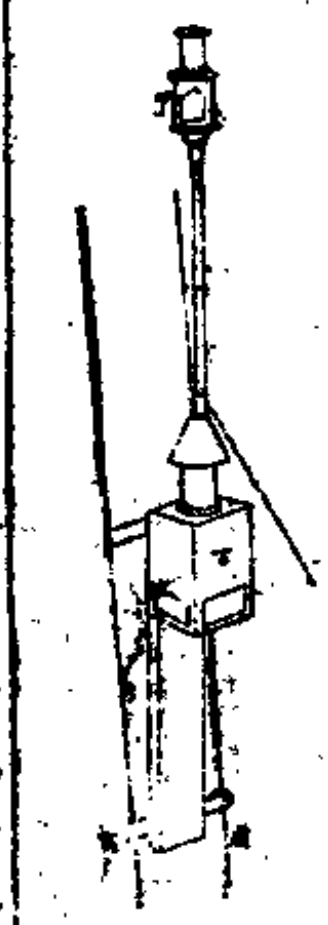
白賈利亞考知十五年之內天晴而空氣容負電氣僅有六次唐生考知四月五月內有數日天晴而空氣暫有負電氣此時風俱忽改方向或自來北而西北或西而西南唐生論有負電氣而風改方向之理曰地面上不甚高之空氣內常容地面同類之電氣樹木與高草之頂電氣必濃故常現火光或能見或不能見如古人所言加司托與巴勒克光也今人在地中海見火光名生脫暮光皆因地球之電氣入於空氣內也可知天晴時下層空氣必容負電氣惟近於地面處則電氣力最大而仍爲正若下層在某處爲兩相對之風吹上成捲柱形則負電氣力大而地面之電氣又爲正果如此則天熱時所常有之小羊角風能減電氣之濃或能使平常之正電氣變爲負電氣也

考下層空氣空電氣之器 第四十一節

記和星臺之候器用圓錐形薄紅銅管高於屋頂十六尺上有收電氣之小器有轉帽以絲絲使高低用螺絲連于堅固之黃銅管黃銅管用油石灰連于玻璃管管之下端作侈口磨平連于架上而牢固用小油燈火日夜不熄燈之紅銅烟通入玻璃管下端之內而不相切使其下恒煖黃銅管下端有三輻或四輻相交於中心測器與辨器連於桿上收器入轉帽之處上有倒覆之紅銅圓蓋可以庇雨依此法則候器之要處與收器俱不能遇地惟底架有通地之桿可免房屋爲電氣所擊

英國固林爲志星臺之候器如第五十九圖與記和之器略同乙爲紅銅管甲爲燈居於管上燈火日夜不息燈在銅管內能移上下銅管下端接玻璃管玻璃管下端作侈

第五十九圖



口內有紅銅管管下有木光如丁木光內亦有燈使紅銅管與玻璃管俱煖玻璃管上有銅管銅管有銅絲已通至候者之房內

記和與固林爲志二處所用之測器係亨利所制有稻草一條端連樹心球成擺其擺動一球以二極細之鋼樞轉動又用弗打測器二第一器得若干分使三稻草彼此相離之數指圓弧可記之弧上之分點指稻草相距之半每分十六分寸之一而各相等二稻草端所對半角之正弦爲直線相距與容電氣之濃有比等二器每分等於第一器之五分稻草重於第一器之稻草其比能得分度哨五與一比所對半角之正弦亦與電氣之濃比與第一器相同第二器電氣之濃亦爲半角之正弦故濃相同則正弦之長與第一器正弦之長有比如容電氣力能使第一器二草成三十度之角必能使第二器二草成六度之角又第一器有十五度之角第二器有三度之角力均相同亨利測器之一度哨等于弗打第一器之百度加將弗打第一器之各數變爲弧數則亨利第一器與第二器俱可以圓周之度命之兩可正弦表得其數

弗打測器安於候器之底架上如前圖帽與傳電氣之帽相切亨利測用螺絲連于橫軸之球

金箔測器如第六十圖甲爲銅絲下端成鑷夾連金箔銅絲通瓶之玻璃塞中如乙塞與瓶口相切甚密如丙瓶有金類座如丁瓶之中有黃銅一條如戊戊用螺絲連於金類座瓶頸之外內鍋火漆一層瓶底之外有席草圍圍之圍之內外鍋火漆內再有鈣綠令不通地全器用玻璃罩之不洩氣

第六十圖

辨器如第六十一圖用薄極之來頓瓶以黃銅管爲內外二皮如丁與乙有銅絲甲連於丙皮內外三皮距瓶口俱約四分寸之三內外二皮之面均上火漆一層各物備時安於大瓶之口內爲塞大瓶有金類爲座銅絲鉗甲夾連金箔二塊金箔之長不足與大瓶之內面相切大瓶內外面俱上火漆一層每日早晨容滿貢電氣於此器而合法能一日不散將器安於架上離房屋之候器數尺用手移近候器而相距依容電氣之多少電

第六十一圖

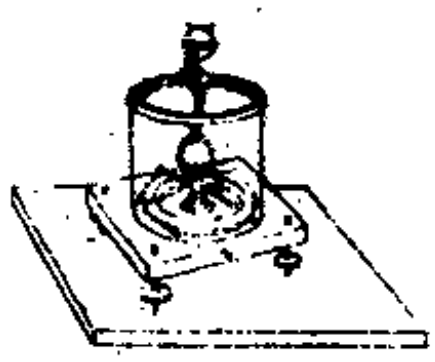
氣若爲正則金箔翕而移開仍能張電氣若爲負則金箔張更遠試時無論電氣數之多少不能減房上候器內電氣之濃不能傷壞金箔

第六十二圖甲乙爲發電氣堆詳後共有五百對各對之徑俱四分寸之一壓緊之時長二寸至二寸半兩端連以曲銅絲銅絲兩端有鍍金之板如已卯爲正負二極

板長約二寸闊約半寸平行而彼此相對金箔挂於其中間如丁恰其正中使二板引金箔之力相同而金箔必中立不動如顯電氣器之帽有極微之電氣則金箔之中立性亂而必向其異性之極

白底愛測器如第六十三圖其法以指南針能轉動之力代固倫伯用線之扭力如第六圖有大銅桿通過玻璃罩外上端連球下端連於亞布內脫圖板此板爲器底桿中作圈圈內容小指南針戴於銅絲之尖上能轉

第六十三圖



動用法轉動全器至指南針停止不動時將電氣容於上球則電氣傳至銅圈而指南針必偏指南針偏若干度即知電氣之力英國造格致器之人愛里亞德之造法將針與推針之板俱用打馬膠與肥尼司松香油使不通地則容電氣之後不烘乾房內之空氣電氣亦能久存雖一日後所散去者不過半也

唐生測器第四十二節

分圈測器用玻璃管長約一尺如倒覆之來頓瓶以綢鉑絲挂鋁針能與管之內面相切鋁針在黃銅圓筩內圓筩中線分隔爲二半二半彼此不傳電氣又電氣不能傳至器之別處鋁針連回光小鏡能回燈光於圓柱之面

器內安浮石常漬濃硫強水硫強水收水氣而使極乾來頓瓶容電氣之時針亦多容電氣所以更靈而能覺外有電氣之力如將分隔之圓筩一半通地一半通於不通地之積水大器器內之水能自極小之孔恒速噴入空氣內如第四十三節則圓筩能收空氣之電氣將所挂之針或引或推器外有定回光鏡與針之回光鏡等高此鏡亦能回照燈光於圓柱面圓柱面色照相之紙圓柱帶轉於時辰鐘每十二小時或十八小時或二十四小時轉一周依所用之齒輪

另有圓柱透光鏡能聚燈之回光成光點針不力之時針之回光鏡與定回光鏡之回光在包照相紙之匣注外線

光點圓柱轉動點變為直線即為度針依空氣之濃而轉則針之回光鏡之光點在圓柱面移動而成曲線與自記測吸鐵力器同理又有測器形如扇能定來頓瓶二十四小時所散之電氣此為倫敦內造此器坊人名愛利亞德之說再欲求其詳可觀赴伊坊問之房內常用之測器第一件用火石玻璃之薄瓶其形如鐘內外有錫箔如來頓瓶內面之下無錫箔而盛硫強水第二件用金類作圓柱形殼內容玻璃瓶殼與瓶口用石灰在外邊相連殼高於瓶口約一寸半向下至全器之金類座殼能護玻璃瓶不致打碎而危險第三件用厚玻璃作蓋邊鑲金類能蓋於圓柱形殼之上第四件為測扭力頭略同固倫伯之扭力測稱如第六圖在玻璃蓋下面之中挂玻璃絲一條玻璃絲通於蓋中之孔第五件為鋁針連於玻璃絲之下端在玻璃瓶之中稍上又有甚硬之鉑絲在鋁針之下而正交略至瓶底第六件用極小之鉑絲其長能至距瓶底八分寸之一浸於硫強水內第七件為金類圈連於瓶之內皮能連二板二板之方向能推鋁針之二端又有桿能阻針之轉多於四十五度第八件用極細黃銅絲作籠籠之架亦用黃銅絲上殼用二玻璃柱托之能圍針之兩端與兩銅板與銅板相距極小處亦有四分寸之一第九件為容電氣之瓶連於金類圈自瓶口通出至外殼之外邊外邊有孔常有金類帽蓋之容電氣器周圍必距此孔四分寸之一第十件為傳電氣之桿連於黃銅絲籠自瓶孔通至殼外孔徑約四分寸之一此器能測易傳電氣兩物所有電氣能力之較如第五件鋁針推針之板第七件金類圈第一件瓶之內面三者電氣之能力與第八件黃銅絲籠籠常以第十件外伸之導電氣桿連於所欲試之容電氣體此器內其二物用金類相連任容若干電氣針毫不動若器之二物連於外之容電氣兩體而容電氣體之能力不同則鋁針必離二板再將上之扭力頭轉動而至某方向扭力所轉過之度與二物電氣能力平方有比

尋常用器時自第九件通出使來頓瓶之內皮容負電氣再使內銅絲籠通地即以第十件外伸之桿通於地內而依扭力度數之平方根觀來頓瓶之能力此數名為地電氣力數如瓶內之空氣乾則所容之電氣能存多日尋常一日內止散百分之一用器時第九件容電氣瓶不動而通出之孔有金類帽蓋之第十件銅絲籠之傳電氣桿連於所欲試電氣之體而扭過其針至定位扭力度之平方根為所試體與來頓瓶之內皮二能力之較此數或為正數或為負數與通地之電氣數相較則知所試體之電氣

與地之電氣相較若不論地之電氣數而令爲○則所得之數爲所試體電氣之能力數

唐生又設測器其造法之理與用同於前器而易於搬運惟有五要事能在同時或略同時試數處空氣容電氣之數一也能在不同時試一處空氣容電氣之數二也用某料隔電氣不通地而觀若干時內電氣能散盡即知各種料傳電氣之難易三也試發電氣器動別物之力四也試某法所發電氣之性五也此器書內未言欲知其詳可赴英國倫敦問愛利亞德可也

唐生測候簡器 第四十三節

用水筩置於桌上或房內牆上自筩有小管通出牆外其端距牆約三尺有噴水小孔筩內水高十寸噴水甚慢令無須常添水則能收空氣之電氣甚速此器不通地設稍通地則可減去水噴出成滴之速每秒爲百分之五故候空氣電氣用之與全不通地者相同唐生論前言雨氣之能力云凡近於容電氣之論式在容電氣之論內某點電氣之能力者乃自無窮遠處移正電氣一數至本點之力此以電氣鑑數之狀爲不致疑者也

此器安於不通地之柱上柱之周圍安浮石塊而常濕磁強水器之外邊慎毋蜘蛛絲相連則無論天色如何恆不甚通地矣

唐生在因弗固來之地用此器安於第二層樓近窗之桌上窗開約一寸以管伸出於外不切於窗管口距牆二尺半略與窗之下邊同高桌上有分圈測器如第四十二節器用白薄玻璃來頓瓶代日耳曼玻璃瓶因日耳曼玻璃瓶不善容電氣也

測器之針必用十三度半或十四度之扭力方能回至○度發化器用鋅與銅各十件不用強水而用淡水候之四日得三十度至四百二十度即自房邊平測之空氣每尺所有電氣之能力等於鋅與銅之九件至鋅與銅一百二十六件試時天色或晴靜或無風或微有東風有半小時內暫覺微東風測器二次至四百二十度之上

唐生向來見天晴與東風之前或適有東風測器現正電氣甚多至風過後而減少此其徵也故凡天晴時見測器現正電氣增多則必速有東風矣

距地面之高一英里或二英里之雲所容之電氣能使測器變動

測候電氣銅絲 第四十四節

顯路子在英國不路末非而勒用銅絲長千餘尺挂於樹上用管托之回克司在英國山得爲志挂銅絲於二禮拜堂之塔長一千一百尺皆以測候空氣內之電氣也

顯路子見雲雷將近而臨發雷之時銅絲所挂之樹心球

此相雜或伊咨正電氣或因容負電氣不定至雲遊與銅絲正交則見銅絲端之銅球與涇地上銅球之間放電氣數次用大來頓瓶連此銅絲則電氣之力增大而放之次數更平勻其二銅球有螺絲能改遠近初時一分時放九次或十次爲負電氣暫停數分時或數秒時則放同力之正電氣可見雲必有二層各容異性之電氣後有雲一層放負電氣每分時放之次數多於前其次數與雲之大小與力有比再暫停數秒時又放同力之正電氣知雲之第二對正負層行過也每過一層其放之速加大力亦加大久之至連放而正負改變之時僅暫一小停矣力大之時使球相距稍遠亦能放過雲之中心正對銅絲之上力爲極大窗戶震動有聲房外有雷聲時房內二球間放電氣亦有大聲令人恐懼雲漸行過則正與負電氣之力減小至無用金箔顯器試之亦無所顯矣

下霧時之電氣 第四十五節

克路司曾於英國十一月濃霧之時測之錄其記曰數年前十一月天甚陰數小時內有西南風及甚濃之霧又有雨過地面觀風雨表見水銀低降觀寒暑表見熱度小房外有包難傳之銅絲長一千六百尺兩端挂於二小山之頂引電氣至房內房外有難傳之四器內一器雨霧而甚涇辰正至申正屢次試之絕不顯電氣用增器與倍器亦仍然絕無蓋電氣能由銅絲自行散去也另將銅絲連於十八寸徑桶形摩器之收桶而速轉之以金箔顯器切於銅絲亦絕無所顯試之多時而厭棄之取書閱觀至申正忽聽收桶通地之銅球與銅絲所連銅球相距一寸之間發一電星有爆裂之大聲不久又有一聲繼乃更速至略相連再至漸無後再放異性之電星力與前同電星速時火光極亮目視即眩共五小時之久而停

測高處空氣內之電氣 第四十六節

測高處空氣內之電氣可用弗蘭克令之風箏惟天晴時亦常有多電氣樽過繩而至地故必極慎英國人名史德成曾於天有雷時放風箏今錄其記曰是日風小而兩甚大風箏難升最高時僅一百五十尺下用蠶絲線接之欲其不通地也被雨所溼仍能通地然見連於線與地面之銅絲在溼絲線四寸長之處有電氣甚光亮不發火星而戒樹枝形活動其聲如敲有時見銅絲之下近於地面之處發大光星放風箏之線在空氣內亦常發聲同於大雷鵝之聲又或有刮物之聲與震動之聲

繞風箏線之軸則周圍有紫色之電火形如樹枝其各枝過空氣至地面青草葉地面青草葉十餘尺之周內俱發

光又見絲線在銅絲與繞放風箏線之軸間有球形火經過甚光亮

用一風箏而不足至空氣容電氣處之高必放二風箏或三風箏同串於一線其法先放一風箏至不能再高將線之下端連第二風箏放之至不能再高將線連第三風箏放之至有電氣之處依此法知故高者爲中者之正電氣中者爲下者之正電氣下者爲地面之正電氣

天空雷電 第四十七節

電學初興人見用器所發之電光星與天空所發之電光星相似康熙三十七年胡勒亦言之雍正十三年固來謂其實是相同惟力有大小之別耳乾隆十四年奴來亦述固來之說而得據更確乾隆十八年弗蘭克令周風箏引空氣之電氣至地面而試各性由此知空氣之電氣與用器所發之電氣相同之實據

弗蘭克令記其所試云用輕木二條正交相連成十字形以絲布手巾之四角連於其四端下加一尾面繫總線而連長麻線於風中能升高與紙風箏相同用絲布者欲其能耐風雨也上角連尖鐵釘釘之下端連於前之長麻線長麻線之下端連於鑰匙鑰匙之孔繫以絲蠶繩人手執之於天將雷時牽其子至曠野私放之如其子所放者防不成而被人誚笑也立於棚下以免絲繩受溼而傳電氣至手不久即有大雲行過風箏之上意其若有電氣則麻線之外毛必直立觀之多時竟無之將指近匙絕不發電氣久之而麻線近匙處之毛直立手指近匙能發大光星因雨而線溼更爲易傳匙乃多放光星其電氣足能容滿來頓瓶容滿而放之與用器所發者同

法國人得利巴雖先已試得光星然仍用弗蘭克令前所告之之法故考知此事之功當歸弗蘭克令也

弗蘭克令試得之事佈傳各國各國之人多有親試之者法國人路馬司作風箏長七尺線內有極細之銅絲長五百八十尺乾隆五十六年八月十六日放之得電氣火星長十尺乾隆十九年俄國京都人名立知門放風箏被雷擊死因此知雷電確係空氣內之電氣所成大雷之時空氣內水質所容電氣甚多依附電氣之理空氣內有質容電氣則必使地面相對之處有異性電氣而其間之空氣質點成對極之狀電氣濃至限而空氣質點再不能當則必附過其力大小不等所以雲與地球或容異性電氣之二雲同於來頓瓶之內外錫箔其間之空氣同於來頓瓶之玻璃雷擊之聲同於放雷頓瓶電氣之聲亦同於摩器收箭放電氣之聲皆空氣之震動也空氣之震動乃電氣

附過故也此成聲之故有二說一說電氣附過空氣即開一路與礮彈相同過後空氣忽流至所成之路內一說電氣在附過之質內忽然化分而再化合也雷聲之甚長者聲傳過空氣之慢也二說之內第二說更合於理歷試電氣略知電氣不似定質自此點開路而移至彼點實似震動而以別物之凸凹力傳過也準第二說則放礮彈速行當一路有大聲矣無是理也

天空雷震前後所現第四十八節

電學家白加利亞論雷震之前後天色所有之改變空氣內先成濃雲速漲大而上升至高處其底黑而略平其頂成彎形有時數雲上下相疊彎形俱相同常有相連漲大成更大之彎形空氣內別處常有分開之雲狀甚奇而不動雷雲上升時則周圍別雲隨之同上至相近之時則變成略與雷雲為同式後與雷雲相連成大雲有時雷雲不必有別雲相連亦自漲大所有近於雷雲之雲外邊之色白愈近雷雲愈黑

雷雲如此增至甚大底成亂形鬆開數塊而向地面仍相連有時下面漲至甚大凸處向地面有時雲之一邊俱向地斜而下端幾與地面相切已漲至甚大成式時人立於其正中之下向上望之見雲漸下愈下愈黑另見多雲在其下亂動亂動極速之時即多下雨若動極猛即下雹矣雷雲在寬廣地面之上漸漸漲大全體四面發電光體積甚大則電氣自雲內擊至地面能如此之時愈久則雲愈薄而黑愈少至久而雷雲散開數處自斷斷處能見青天最高處之雲平勻鋪開甚薄下者黑而薄漸消去而不見非被風吹去也

雷震之時電光之形各不同有時極亮極速極大有時自此雲行至彼雲路闊而易過有時自雲行至地面路彎曲有成球形落下甚速俗名火球有誤為定質落下者雷聲亦依地面之狀亦依所過空氣之多少亦依人在之處有時聲似大車滿載亂石忽倒者有時似連放多鎗者此必立隨電光而來初有大聲後連而漸小似漸遠或漸回者或似遠處放大礮者可知電來甚速

雷聲雖久電光速畢速極幾不能測蓋光動極速故電光一霎即滅也無論電氣行過之路遠近皆然而聲之傳過空氣則慢依法國試過者空氣之熱六十度傳聲之速每秒一千一百十五尺電光若行過數里之路則聲在近處者必先到漸遠之處者必次到最遠之處者未到故聲長而大小與回聲皆不同矣

唐生曾用易動之測候器（如第四十三節）測日間發雷時空氣容

之電氣每聽有雷聲觀器之針忽動知其處電氣之能力忽改如動多則能聽得雷聲約能知何動屬於何雷聲與見電光可略知何光屬於何雷聲同觀針動至雷聲間之時推得最近者爲四英里至五英里此各次俱未見電光也

測候器點燈之處電氣有時爲正有時爲負依針之動法想有時或增正電氣減負電氣與減正電氣而增負電氣其時之多少相同

天空電光分類 第四十九節

法國博物士阿辣果分天空之電光有三類

第一類長而窄邊清色白有時色紫或茄花路曲折而不直有時遇地面上之物分成叉形叉形必自一點分開

第二類鋪散甚大上下邊不能分清色或青或紅或茄花動速與力不及第一類常不離電雲之邊

第三類多而相聚阿辣果名爲球形電光平常長而闊而彎曲霎時而滅此則可歷時數秒而有移動之狀

哈里司論雷電云每次放電氣路間空氣之冷熱濃淡溼乾等事不同而放過之電氣數與光亮亦有異故電氣有各色也空氣所容電氣不多而附過成彎路則電星引長見成光線其近地面時面分開者水手名爲叉電若不分開而成長彎線者水手名爲鏈電加雷雲與人之間尚有雲遮隔電光自更遠之雲照回而來者水手名爲被單電此種時有大雲全發光亮彩爛奪目水手名爲球形電亦是發電氣而生常有闊光帶不甚清即電氣附過之路其路內之電氣甚濃而力大故路前則空氣甚緊而電氣難於附過乃成光點甚亮照於周圍之空氣甚遠故人見爲大徑之球形也

有時見火球之光能存數秒不滅或因發彗形電光（如第二十節乙）或粘光（如第二十節丙）可想見雲與地球之全電氣未放之時最近之質點欲放電氣至相鄰之質點逐層遞放有漸放而不忽放之意

雷電時覓躲身之穩處 第五十節

人在曠野過有雷電不可近於樹木見電而速聞雷聲知其雷雲甚近矣以臥於地而爲最穩躲於低棚或馬車或矮房或低橋之下亦不甚險若在高房或高樹之旁必相距二十尺至三十尺之遠始可穩妥雷擊高物則周圍不甚高之物可以免害切不可在有水之處水質易傳人身高於水電氣欲至水內必以人身爲傳過之路也人在屋內立於房內敷氈之中亦是穩當若近於烟通及近房內拉鐘之銅絲或鍍金或包金之物俱是危險烟通內之炱

及金類皆極易傳故也臥牀上而下有厚褥上蓋氈被俱是難傳兩不通地亦可無害若躲入屋內地板下之房亦甚危險凡雷擊房屋下層受害常最大也

電氣反放之力 第五十一節

距雷電震擊處（即電氣直放之處）二十英里之遠偶亦擊人至死可知電氣反放之力也大雷雲容多電氣而兩端近地面兩端之電氣與地面之電氣同類則必相推若異類則必相引而放過此端放出彼端必引地球之電氣以補之此之謂地球反放雖偶有擊人至死但其力必不及直放之大

免房屋雷擊之桿 第五十二節

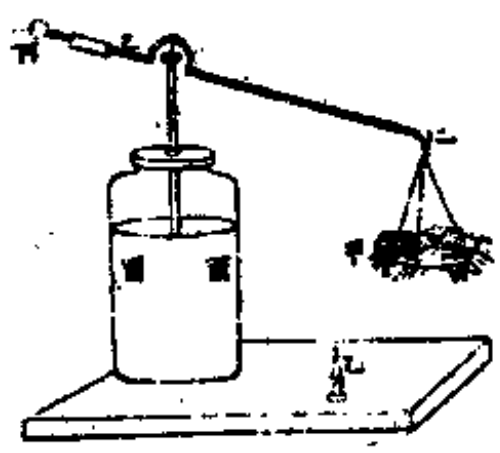
弗蘭克令初設引桿護屋可免雷擊之害法用金類桿頂高於屋頂底低於屋基使能引電氣至地內而不傳過屋內桿用紅銅條最宜徑約一寸上高於屋頂數尺下入地至恆溼之處愈近屋之外牆愈好凡近他通地之金類處當與之相連若不相連則電氣能分出其半附過而傳至地附過即擊之也相連則傳過而不附過矣故不通地之物雖不相連亦無妨也凡電氣必擇最易傳之路而銅桿即最易傳故電氣順之而下不覓別路矣所以用此法可免他物受電之擊也

房屋多而相連者當有二桿或多桿各桿用銅條相連哈里司云最易傳者用紅銅管徑一寸至二寸體厚五分寸之一每條長十尺兩端作陽螺絲用兩端作陰螺絲之短管接之

天空有電氣甚濃則引桿之外面有粘光與嘶嘶之聲桿之體積若足雖有此光不發熱而不危險其光略與前言第二十節丙之粘光同類桿放電氣入相近之空氣內亦同於北曉之光又同於抽去空氣之罩內之電光

哈里司論電氣之書有試法可明尖體能收雲之電氣而不引其雲如第六十四圖丙己乙為黃銅小桿中成一彎彎中有小釘切於來頓瓶上之板周圍能轉動甲為貼金箔之輕木圓板用絲懸於銅桿之乙點如天平之盆內盛長絞之棉花叱為尖連於能傳之座板酉酉為來頓瓶亦在座板上依法將來頓瓶容電氣則盆內棉花之絲即直伸而為座板所引似地與雲有相引之狀銅桿丙己乙必向下斜若將桿轉過至棉花與叱尖相近則銅桿漸向上而回至平其叱尖能滅二對力若棉花甚近於叱尖上時

第六十四圖



能有嘶嘶之聲銅桿能回至平可知甲盆不爲叱尖所引而反爲叱尖所推可明天空容電氣之雲與地面之高體彼此相推也

哈里司又有試法能證電氣不能離易傳之路而擊路外之物將金箔數條置於紙上如第六十五圖以多于八平方尺之來頓瓶之電

第六十五圖

第六十六圖

氣自甲傳過至乙則路內金箔必燒壞所成之形略如第六十六圖路外各塊之金箔未壞可知未有電氣傳過不特路外之五六十四十五十八十九二十二十三各塊未曾燒壞即餘各塊半雖已壞半亦未傷可知電氣必不離易傳之路而向左右放出也哈里司又云電氣必傳過最小阻力之路故四與五兩塊之間雖安禾爆藥亦往往不能燒故船桅與船體有不連於引桿之易傳之物必無危險所以戰船用引桿火藥艙內之火藥無慮爲電氣所燒也

船受雷擊之桿 第五十三節

船上之引桿昔用紅銅鏈或多紅銅短桿相連常時藏於箱內每有不明之人雖至臨有雷電之時亦不取出而挂於桅是以雖有此物亦無所用也嗣英國有息挨者勸人用引桿宜恆定於桅上不可臨時懸挂哈里司亦設法佈傳各國各國戰船與商船皆用之

哈里司之原法印於咸豐二年之行海新聞紙勢入用銅皮之條自桅頂直至船之內脊銅皮用二層桅受大力而稍彎銅板亦可不斷又自內脊連至船外銅皮自桅頂至海水全有易傳之路電氣擊桅無論何處皆能引至海內而船別處不受傷

哈里司之新法如第六十七圖第六十八圖甲乙丙丁爲紅銅皮之條每條長約四尺列或二層二層之接端不相對桅內作槽以嵌之桅欲引長收短或收去一層電氣自桅頂至海內仍有易傳之路

第六十七圖

第六十八圖

船用引桿之益哈里司於咸豐二年行海新聞紙論云道光十年後英國戰船已用引桿者僅有十船道光二十二

年戰船始皆盡用二十餘年開往地球電氣最險各處船被雷擊者僅四十次內有多次皆由引桿引多電氣入海內而船與人未嘗受雷擊之害道光二十二年之前二十年內船被雷擊共六十次每次船俱受大害觀舊時船受雷擊之次數與用新法後爲三與二之比可知不但能引電氣入海且能使電氣不來擊船也總之英國戰船盡用此法之後戰船記事簿內未嘗記有戰船受電氣之害爲乾隆五十五年十一月英國戰船受利分得被大力電氣所擊其受擊之桅未有引桿桅重十八噸徑三尺長一百十尺各處用鐵箍束之鐵箍有闊五寸厚半寸者桅體皆成小塊箍亦散開成塊檢驗其各小塊能成大堆

道光二十年五月英國戰船帶杜之三層橫桅外端被又形電光之一支所擊其橫桅無引路電氣必傳過橫桅而至正桅之引路故傳過之時將橫桅擊壞帆亦撕破燒壞又桅頂之旗桿亦被另一支所擊亦無引路而由此傳至正桅之引路故將桿相連之節劈開傳至正桅即循銅皮傳下而絕無傷損

海內爆發火山 第五十四節

海內爆發火山之時常有雷電交作亦空氣內發電氣也嘉慶十六年船主脫爾特兒生美加勒海島近處海底有火山爆開其報曰初見海面發多烟近之之時見水內有圓雲如輪蟠蟠轉動在下風之邊漸漸推出忽然爆開發出極黑之燼與灰與石成柱形前者未落後者又發連發多柱形愈發愈速上有分支如松林再變而爲白烟形如翎毛最密之處常有光亮之點其黑燼上成大體如雲順風飄蕩散大行過略與地面平行雲內如有龍取水（俗名也）不及一小時見海面露火山之頂再歷三小時山頂有凹如盂口高於海面二十尺徑四百尺至五百尺每爆開而發黑燼之聲略同放礮放鎗兼有地震近處有石屋大塊落下定後往所新出之火山細觀之凹盂之口高於海面八十尺周約三里餘凹盂之底與海面相平內滿沸水全是浮石燼與大石塊所成

颶風 第五十五節

颶風或係電氣所生或係空氣所含氣質凝水散熱而生未有定據道光十九年法國京都相近之地者得內有颶風各物遇之受其大害同時亦有雷電交作法國人白底挨報於法國博物會曰颶風之前久有雷聲電光第二雷雲忽降而其下半至地之時雷聲即停速現大吸力地而所有一切土塵等輕質皆上升向雲之頂再聽雷聲似在遠處又見雲成倒圓錐形周圍有小雲轉動升降甚速上

有火形如帽者得內之東南所有之樹木俱被吹散而西北之樹木安然未動風向者得內之圖與礮臺一路內之物盡皆吹倒吹壞路外則小樹亦未有壞此圖在山頂之上圖內極大之樹木皆爲拔出圍牆屋瓦礮臺烟通及甚固之屋俱爲吹倒樹枝與瓦片等爲風帶去千餘尺風至山北池內之魚盡死樹木亦倒樹葉乾捲似遇火者再過柳樹二行之間體已減小漸行過平原之地至距者得內約三千尺之處分爲二支一支散入雲內一支入地內風吹之時一路多發電光火球火星所吹壞之房屋數日尚有硫黃之臭房內之布帳俱變色白底挨又云此種颶風必是一路之風能引雷雲之電氣放入地內也常雷無此一路之風引雲之電氣入地內故與此颶風雷有別

龍取水 第五十六節

陸地所有之颶風與海面所有龍取水同類也格致家以爲皆是電氣之引力所生茲錄不拉色末船主避器所記行太平洋時遇龍取水而船將壞之說云是日也雷電大作風力極猛風向屢次忽改行小螺絲之路雨甚大行曲線而下下雨之間見有龍取水近船而來形似飛鳥自濃雲成柱形而下至距水面約三十尺成螺絲形其轉之向與時辰之針相反被海面水泡所接而變直此時雨忽停龍取水改其行向險將行過我船幸忽有大風又改其行向而漸退見其向上轉行甚速柱形漸變小至末而離濃雲成彎曲如浪又見火球落至海內大發電光繼有第二柱形第三柱形盡同再後三柱形合成大柱又分成三小螺絲形而散當時觀風雨表毫未升降觀寒暑表則降八分

龍取水之狀初生時如第六十九圖尾漸長至尖近海面時海面之浪亂動轉成螺絲形頂成凹而向上落下之柱形漸向下而接下凹似吸凹內之水者如第七十圖後距柱形右邊近處在上雲之弓形內落大雨龍取水漸收向

第六十九圖

第七十圖

第七十一圖

上海面之動更亂數分時內凹漸增大柱形漸小如第七十一圖再數分時柱形不見海面仍亂動迨上柱形不見之後三分時而海面平

北曉 第五十七節

北曉之源嘗有多人設諸理解之皆不甚合後細考之知

略由空氣之電氣與地球之吸鐵氣同現也惟此二者之相關尚有所未盡

以摩器收筩之電氣傳過玻璃管內抽鬆之空氣所得光之色光之動光之層盡與北曉相同管內空氣極鬆則數處有粘光之狀亦與北曉時空氣常有之狀相同

得辣里弗之試法用玻璃空球有圈鐵桿通入其內而不洩空氣鐵桿外敷厚層火漆使不傳桿端則否火漆外包紅銅圈切於球邊之紅銅圈再有一銅桿在鐵桿之對面通過玻璃球而不通地在球內與鐵桿不相切銅桿外端有銅鉤或銅球玻璃球又有一孔連塞門自塞門抽鬆其內之空氣銅桿端之銅球或銅鉤連至摩器之皮墊或收筩鐵桿之外端連至摩器之收筩或皮墊則正負二電氣必在球內二桿之端附過成電光鐵桿外端若切於吸鐵條之一極而愼勿通地則光變爲圈繞鐵桿旋轉轉向依鐵桿之吸鐵性又自光圈發甚光之火條取去吸鐵條則光仍前式常名爲電光卵

道光十八年十九年冬路丁在分蘭洲之西阿勒登海岸赤道北七十度滿司加不之地見有北曉而記云每日中正至酉正海面常有之霧頂成各彩色霧後有北曉之光故也霧頂漸變爲弧形而漸升色淺黃弧之兩端如切於天涯者弧頂恆在指南針之經線或有稍差而不多弧內漸生黑條與光線相間光線迭更漲縮時慢時速時忽發大亮忽減小光下端之亮極大其弧略合正圓光線之長不等而俱向指極針之北極或竟長至北極過此則各光線相交成覆凹形後則弧漸向天頂而升有浪形之動自此端至彼端極亮似移過有時連有如此數次甚速其自西至東之次數更多於自東至西有時光過而復回光浪自西至東移過自東至西復回迭更而動略與地面平行略如帶之曲折或如長旗風飄有時一端或二端離天涯則曲折更多更大弧改形如圈而分爲數曲線光線之亮時甚大時忽小大時之光大於第一等之星時忽發成彎如蛇後又變成各色弧底之色赤如血中爲淺綠色餘爲淺黃色色極明光亮時減小時忽隱時漸隱而各色之位不改

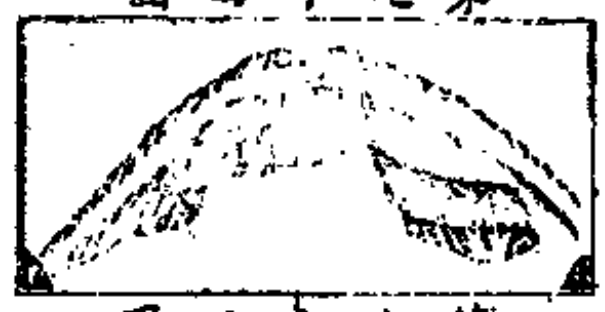
色隱之後弧乃分碎再上升至近天頂而光線漸變短成平行大光帶之狀以視學之理求之亦可推算弧之厚再後弧心至指極針之北極時對其底之方向光線或略爲大紅色帶間光線有綠色如有光浪行過則底成長彎浪形之帶雖如此變動而光線不向軸之方向搖動且彼此相平之位置恆不亂前弧上升後漸生別弧亦上升與前

相同各弧之相距略等有人同時見有九弧各弧之端近於地面各弧之相距或減小有二弧或數弧甚相近略成

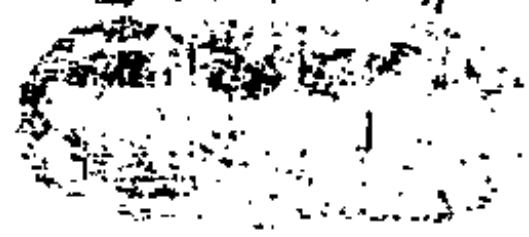
第七十二圖

第七十三圖

第七十四圖



第七十五圖



一大弧直鋪過天面而經過觀者之天頂向南即速變淡而不見如第七十二圖第七十三圖第七十四圖第七十五圖自路丁書內錄出乃其大略也實有之形圖不能顯也有北曉之時陸地有雷而白海面靜而色黑滿天有各弧之光兩邊似切於地各光帶忽發光線忽張忽縮忽有艷紅色忽有艷綠色光線有漲時常移動往回誠奇觀也道光十八年英九月至道光十九年英四月之間路丁在阿勒登海岸曾見北曉一百四十三次又彼處自英十一月十七日至正月二十五日太陽不出此各日之間除陰雨不能見外共見七十次陰雨時仍見指南針搖動可知北曉雖不見而實仍有也

見北曉成全圈惟在北極相近處此外所見者或不成全圈或分數弧或光中有雲而色與厚改變亦有別事能使其圈不全或亂

英國不常見北曉惟乾隆三十七年十月曾有一次英國人多爾頓詳觀而記之云夜間見南邊天色異常雖無月無光而雲有紅色當戌正而尚可觀書亥初二刻至亥正南邊有大而光而平之弧北邊有淡而同心之數弧各弧之中正在指南針之經線至亥正二刻在東南邊甚低處現光點自西至東來往漸增而速又向天頂之動亦漸增速繼而光線忽滿天空極亮光線之數及移動極多極速滿天彩色燦爛似全天忽然失火者見之者人人驚異誠一巨觀也一分時之後滿天火光與彩色盡隱光線忽發忽無不向左右移動當滿天大光時雖僅一分之暫而所現各事之次序有理不亂形如有火球自東至西極速行過成各光線前後排列甚齊成平圈與指南針之經線正交上下累疊近於天頂者其視相距小於近於地平者而實相距必等數小時尚未全滅同時有流星在北曉之下似與北曉無涉

北曉之時地球現大吸鐵氣或謂有聲則不能定北阿美

利加銷礦河有內原納賈發路黑而捺三人及愛司倫有亭達皆云北曉之時有嘶嘶之聲文斯辣駁之云此係空氣忽冷而地面之雲縮小故也又有巴利弗蘭克令立查生三人皆在地面各處見北曉數千次皆未聞有聲北曉之形未有定數或測得為數千尺或測得為數里近來見北曉之人多以為北曉不在空氣盡界處而必在雲之處又以為北曉之光線能為風移動法辣待意想北曉之源恐與地球轉動所發之附電氣有相關其說云地球之電氣常有強向南北二極之意至二極多容電氣之時自在距地高處而放回至赤道北曉與南曉想皆因此而成在緯度高處雖或不見北曉亦不足謂此說之非也英國法勒毛得人福克斯細察北曉時指南對之攝數立說與前說合其說云倘夜間地面之下有電氣自南至北或空氣高處有電氣自北至南指南針必向東偏也

北曉之理 第五十八節

得辣利弗謂空氣之有電氣因空氣各層之熱度不勻而正電氣自熱處行至冷處負電氣自冷處行至熱處也故空氣下層恒容負電氣上層恒容正電氣英國緯度之地夏時電氣多於冬時近赤道處電氣尤多於近兩極處空氣下層之負電氣傳與地球故空氣上層之正電氣愈多空氣上下層之對性電氣濃至限時必彼此相合而相滅或下霧或下雪或下雨即相合而相滅也得辣利弗謂近於兩極處空氣溼而電氣易於傳過故空氣所容正電氣與地面所容負電氣相合更易而電氣自兩極入空氣下層行過地面至赤道而入空氣上層再行過空氣而回至兩極仍入空氣下層如此循環不已其在空氣上層電氣之行自南至北在空氣下層電氣之行自北至南此乃北半球也南半球反是

得辣里弗謂電氣在空氣上層自赤道向北而行一路發光即成北曉其理云太陽在赤道之南時赤道北之空氣所受熱必少故空氣內凝有水質而在近於北極之處結成冰或雪能引電氣至地面此結成之冰雪稀而不足成雲則成光圈有法可徵北曉與電光為相同電氣傳過甚鬆而乾之空氣其光淡傳過甚鬆而稍溼之空氣其光濃得氏又云北曉常在指南針之經線而不在地球之經線亦有證據將大力化器之負極連於大力吸鐵條而吸鐵條之一極安於水銀而之下以正極連炭尖安於水銀相近之處則成電氣弧在吸鐵極上之水銀滾動有光圈圍吸鐵極之炭尖轉動有時發甚亮之光線光圈內在吸鐵極之上有黑圓點如北曉恒有之狀若在甚薄而溼之空

氣內則所成之光更似北曉之形此所得之狀由於吸鐵氣與電氣之相關想北曉亦當由於地球之吸鐵氣也

北曉因吸鐵氣第五十九節

近時人於北曉之時用各法相試並於其最大之時觀極盡之測器絕無改變故北曉與空氣所容電氣有無相關未能確知亨波得云北曉之時地球之吸鐵氣現三事指南針之偏差一也指極針之斜差二也吸鐵針之一端一夜中或引或推三也故於北曉時觀指南針之偏差可知所顯之吸鐵力又謂吸鐵氣先稍亂而後補平即現北曉光或駁之曰吸鐵氣行過某處其所費之時並指南針偏動等事皆與吸鐵氣之濃有相比其吸鐵氣先亂而後補平之說未為確也

空氣之發電氣與發吸鐵氣又有大異者電氣發于地球之小處吸鐵氣現于地球甚大之處故有北曉而他處不見其光亦有吸鐵氣行過而見指南針偏動也亨波得云自法辣待用吸鐵氣發光可徵吸鐵氣成北曉無疑非人之膽見地球近兩極處常有北曉光可知能不藉日光而自發光也水星背日之面亦能自發光彷彿可見之與此同理

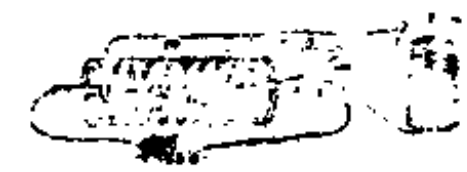
電報線受空氣電氣之異第六十節

美國非辣特非阿人顯理之書云天空所發之電氣傳過電報線能成流光之狀人可見之有時由挂線之桿而下一一有聲如放火鎗此因電報線外面之電氣傳過其線而有旁放電氣故他物近之能發光星而有聲與摩器之收篇近拋物能發光星面有聲相同雲內所發之電氣常係齊來而非間斷必一路連發多次甚速故電報線收多電氣而鋪散於外而顯理意為一處放電氣則周圍各處之電氣必亂動成浪鋪散減小而後靜浪有回行故電氣易離電報線而飛散

無雷電時電報線之電氣有時亦亂蓋空氣所容之電氣常有此處與別處不同電氣即自此處經過電報線至別處而鋪勻故電報線過於山者雖天晴時高處常有電氣由電報線行至低處若此處有霧雲雨雹而別處無之則此處電氣亦由電報線傳至別處凡電氣傳過電報線報信之器必亂動若遠處之雲先近電報線而後相離則以附電氣之力能使其原電氣減淡天空發雷電雖距電報線數里之遠亦以附電氣而使報信之器亂動同於來蛇瓶放電氣時近處易傳之物有附電氣及次附電氣次次附電氣也此理可用亨利之法証之

試次附電氣之器如第七十六圖甲為玻璃圓管徑約六

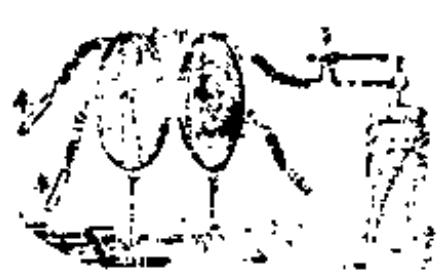
第七十六圖



寸內外兩面各貼錫箔條各長三十尺繞成螺絲而內外正相對內螺絲之兩端通入此大管內之小玻璃管而出管之外再繞成螺絲圈如丙圈內有針以能容半軋倫之來頓瓶之電氣傳過外螺絲則圈內之針有多吸鐵力即附電氣傳過內螺絲也此附電氣之方向與外螺絲電氣之方向相同若再用第二玻璃管同接爲之連於第一管可得次附電氣傳過再用第三玻璃管同法爲之可得次次附電氣

麥低由西之法亦可証放來頓瓶有附電氣如第七十七圖甲乙爲玻璃圓板或象皮圓板徑一尺直立於玻璃柱之頂用蠶絲所包之長紅銅絲徑約十分寸之一蠶絲之外敷辣克膠盤於板面成平螺絲而甚整齊一端過板心之孔一端過近於板周之孔俱有螺絲釘連之二板有螺絲之面相對而平行甲板銅絲之兩端連於來捺之放電氣器以通來頓瓶如癸乙板面銅絲之兩端各連一柄如辛人手執之每有電氣放過甲板之銅絲則人覺有電氣或大或小

第七十七圖



亨利用長方形銅絲圈二長各六十尺闊各三十尺用蠶絲線挂於大樸之上下層用蠶絲線各挂一圈二圈共相距三十尺以摩電氣火星傳過上圈則下圈能發附電氣亦能使針有吸鐵力

空氣之電氣亦有此性曾將銅絲上端連於金類屋背下端引至深井內天空發雷電時有電氣迭更以對面方向傳過銅絲又天空遠處每發電一次鐵路每條之節處發光星一次而各電報線亦必有附電氣一次也美國非辣特非愛電報館中遇大風雨時電報線有多光星附至相距一寸之通地金類其電氣甚濃能使尋常測器之針轉過數度小鳥棲於電報線常忽死死時不及放開其爪而倒挂於線下

黑頓電報書云天空一夜發雷電所壞之物竟有多於人一年之故損者挂線之桿時或劈碎銅絲圈時或燒鎔針之吸鐵氣時或失去電氣吸鐵條之軟鐵時或變爲恒吸鐵條

道光二十六年法國生者曼鐵路之電報遇空氣之多電氣多見奇事其所記云酉初時有大雨勒司得來之電報鐘忽有大聲司事者立刻走近將欲收信觀報器之針指得各字不可解乃手執其柄欲報回不解之號忽有大聲

如放鎗同時有電氣大光過房內所有傳電氣線與易傳之物俱打碎鎔壞又有數電氣吸鐵之銅絲斷絕司事者執柄時通身受大振動有數工人在旁亦覺大振動電報線之彼端在法國京都者僅有數鐘亂响而無他異

是年英國敦倫至西北邊鐵路電報所有與納多地之報器被天空雷電所擊銅絲圈爆裂銅絲燒鎔道光二十九年八月倫敦至東南邊鐵路電報所有者脫末地報鐘之銅絲圈並測電氣之二銅絲圈俱爲天空雷電所擊壞印度國天空雷電多於英國故電報受害更甚道光二十四年美國暮而司設電報（此美國之第一電報）成後不久亦擊壞故各國皆謂必須設法以免之

道光二十九年塊地利人包麥加得捺記於書云空氣內之電氣日間自非恩納傳於電報線而至色末令夜間則反是其相反之際約在日落並日出之時天燥而晴報線內空氣之電氣者少於雨溼之時報線愈長所受空氣之電氣愈多天陰而有大風雨空氣之電氣能自動電報之針風雨將來其力尤大於已來之時

巴羅記電報針亂動云向北或向東北之電報線其針亂動之向與向南或向西南之電報線針亂動之向相反又凡電報線在通地二線之間常有另外之電氣傳過不通地之線則無之如通地之二線相距約四十英里測電氣之力與方向在同時必相同電氣自通地之此處徑至通地之彼處故也又言測電氣針逐日有偏差與指南針相似自辰正至戌正向一方向而夜間反回至原處北曉之時測電氣針亂動甚多電氣自東北至西南迭更行動依通地二線相與之方向而非依電報線之方向

巴羅同試測候針與指極針多次而得中數知辰正至晚吸鐵氣向南傳行指極針偏西自晚至早晨吸鐵氣向北傳行指極針偏東又有多吸鐵氣傳行之時二器同時顯之巴羅以爲電氣傳行因地殼之熱發電氣得辣利弗以爲因空氣內發電氣

胡勒加記北曉能使電報之針亂動或使電報之鐘亂响云北曉之時電報之針動法與常傳信之狀不同或偏左或偏右或數秒中偏左偏右數次或偏至一邊而數分時不動或動力大或動力小或動速或動遲英國來格至杜法之電報方向略合東西來格至倫敦電報方向略合南北東西方向者針之偏甚於南北方向者也夜間報器亂動可知必有北曉針之偏略與北曉各次序相配如英國阿書弗特至蘭司格得電報針之偏更多於前處不見北曉時亦見針有偏或一處針偏而相連之他處不偏此報

線之方向略合於地球吸鐵極之緯曲線指極針在此曲線之各度斜度相同然電報針在此曲線各處其偏與曲線有相關與否今尚未知此處之電報針亦每日各時有偏報線或受空氣之電氣報針亦能偏

咸豐九年八月二十九日與九月初一日法國各有甚亮之北曉兩次其時電報針多偏電報鐘亂响甚猛針常自動不能傳信久而停

免天空電氣亂電報線第六十一節

引天空電氣入地內使其不亂電報線已刱數法惟黑頓之器甚簡甚好法將電報線之近於報器處外包生紙長六寸至八寸另以杉木箱內面鋪錫皮錫皮通至地箱內滿盛鐵屑將包生紙之一段埋於此鐵屑內鐵屑之多尖能收所引天空之電氣而通至地雖天空發電氣極多報器亦不致受害

胡勒加之器報線環繞於螺絲之外而入於金類管內報線外有多尖甚近於管之內面而不切管通至地如第七十八圖報線連於丙報器連於丁電氣自戊螺絲傳過環繞之庚銅絲卿為黃銅管兩端以黃楊木隔報線另有線通至地如戊己天地為各金類尖使空氣之電氣傳

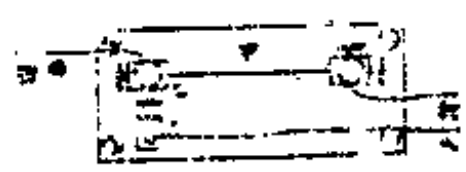
第七十八圖

至黃銅管而通至地空氣之電氣若甚多則所繞細銅絲庚必先鎔鎔則電氣已斷報器可不受害

法國常用之器如第七十九圖有甚細之鐵絲在玻璃小管內如甲管之兩端有黃銅冒用螺絲連於木板冒之一邊有多尖之兩金類板如乙丙而相對丙板連銅絲如戊引入地內兩黃銅冒各連報線如物物空氣之電氣若入報線則能自多尖入地內入報線者若甚多則細鐵絲燒鎔而電氣不能至報器

不倫司回克之法將電報線先連於池內之紅銅板而自紅銅板以小銅線連至報器自報器通至發電氣器再以小銅絲連至地內之第二紅銅板兩小銅絲各包蠶絲彼此相絞至近於報器則分開而各連於其二螺絲兩紅銅板中間有象牙板使不傳電氣若受空氣內之電氣必先傳過兩紅銅板而不傳過小銅絲故報器可不受害

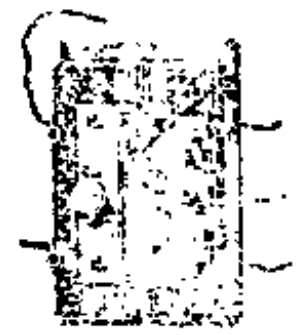
第七十九圖



美國所用之器如第八十圖用兩黃銅板徑約二寸半厚十六分寸之一中夾象皮條分隔之上板連報線另有線在甲乙兩點連至報器下板通至地空氣內之電氣若傳過報線至上板則能直至下板而至地故報器不受害如

第八十一圖為報線中之小報器所用能通地又能保報器不受害丙為金類塞放於一二四各孔內則報線通地塞若放於三孔內則電氣傳過而不入報器觀圖自明丑午己板連於報線與報器之一邊又丑亥己連於報器之又一邊其第二電氣線已乙巳與板之間有紙條分隔而能通

第八十一圖



地戌亦通地

天空容電氣之物 第六十二節

天空之電氣或容於地球或容於空氣或容於水等質未能確知唐生與白氏愛意兒不同白氏愛云地球原含松香類之電氣浮於空中而不通他物惟空氣之雲等物所容之電氣能與地球之電氣偶有相關唐生云大風雨時常現負電氣地球面有空氣相切而空氣原是難傳地球面上約一百英里之高空氣極鬆而空氣極鬆則易傳而不能當天晴時下層空氣所容電氣之大力故在空氣高處必常放電氣而使正負相平所以高處亦能得多電氣略與地面之電氣相對最高處極鬆之空氣既是易傳故可謂地面如來頓瓶之內皮下層空氣並所含之水質等如來頓瓶之玻璃高處之極鬆空氣如來頓瓶之外皮燒引火紙或噴水而收空氣之電氣能顯燒紙處或水分滴處電氣之能力故測器若攜至大平原周圍無亂電氣之物使針所指之數以某數為一而命之將其數以器距海面之高約之再以地球周與徑之率四倍約之即得此處當時地球若干面積所有靜電氣之定數其測器所用為一之數可用恒化器使測電器指某數而依化器之件數計之

有人欲試雨滴或雹粒或雪片容電氣之定數尚無定據唐生意為如試時慎使器不通地又慎毋有附電氣之亂則可得定據也

精考空氣內電氣之數與性易知空氣陰晴風雨雷雲之變乾隆二十年白加利亞問于細加曰下雨而後晴時所有電氣之性何如細加曰雨雲之後若有大力正電氣知可久晴若有小力正電氣知雖晴而不滿一日必再陰或雨唐生曾試驗之知其不謬又言不數年後用測空氣內電氣之器而知空氣陰晴風雨之變將無人不能矣

英國瑙挨德著　英國傅蘭雅口譯
無錫徐建寅筆述

磁石第六十三節

磁石是鐵礦之一種質內有鐵與養氣化合者居其大半又另含矽養與鋁養等質瑞頭與奴而韋開鐵之處常遇大塊者又英國開鐵之處亦間有之

將磁石一塊無論何形埋於鐵屑之內鐵屑即聚於兩相對之點如第八十二圖兩相對之點名為二極如將小鐵針之中加於尖上使能轉動而移近磁石之某極針即為某極所引反之用磁石挂於極細之線移近軟鐵則磁石亦為軟鐵所引

第八十二圖

將磁石一塊兩極各連軟鐵板用銅帶束之能增大其吸鐵力如第八十三圖甲為磁石乙乙為軟鐵板下端皆彎折向內丙丙為紅銅帶捆束軟鐵板末為蓋板上面連圈以便懸挂

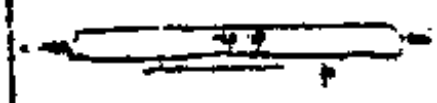
第八十三圖

造作吸鐵器第六十四節

將硬鋼小條與磁石如第八十三圖之兩極相切而移動使兩極不離鋼條如此往復數次而取開之時條中必適對兩極之中鋼條即有吸鐵之力矣若大條欲成吸鐵器則有數要法如左

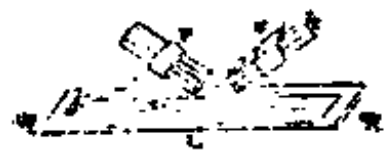
一內得之法如第八十四圖用鋼條申卯安於等力兩吸鐵條之對極呻卯之下而將此兩吸鐵條相離各向引申卯慢慢移動移動數次之後鋼條已容滿吸鐵氣而再不能容矣司可司皮亦用此法惟吸鐵條在鋼條之兩面各移動約六次

第八十四圖



二杜哈喜之法如第八十五圖用兩鋼條稍相離而平行兩端各用軟鐵條連之如嚬寅將單條或多條捆合之兩吸鐵條甲甲斜切於第一鋼條之上再如內得之法將此兩吸鐵條相離各向外移動數次之後再在第二條同法移之再在第一條同法移之迭更移於兩條至兩條容滿吸鐵氣而止惟切第二條必倒換吸鐵條之極點

第八十五圖



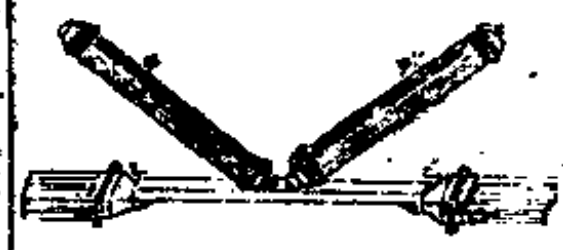
三密哲利之雙切法如第八十六圖用同尺寸之鋼條四

五塊相接列成一條同時並作將兩吸鐵捆相並而相距約四分寸之一兩對極同在一端以此雙捆之端切於當中鋼條之面向外移動至兩端往復數次再將鋼條反轉之而切於其面同法爲之至容滿吸鐵氣而止大力彎吸鐵條亦可代兩直吸鐵捆之用

第八十六圖

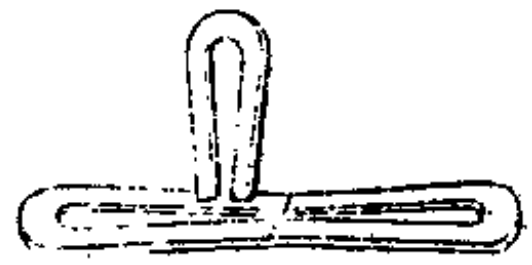
四果倫伯法用定吸鐵捆與移動吸鐵捆如第八十七圖將鋼條安於寅卯兩吸鐵捆之間兩端切於所凸出之鐵再將甲甲兩吸鐵捆異性之極切於鋼條面之中成二十度或三十度之角二端之間夾木塊或紅銅塊將此兩捆向外移至兩端乙乙往復數次俟在中心時而取起再將鋼條反轉之切於其面同法爲之至容滿吸鐵氣而止

第八十七圖



五作彎吸鐵條法如第八十八圖將彎鋼條二以端相接將大力彎吸鐵條之一極恒向一方向旋繞移動數次再將彎條反轉之切於其面同法爲之至容滿吸鐵氣而已欲兩極同現力必用彎吸鐵條也造成數條可用螺絲相連則力極大如第八十九圖

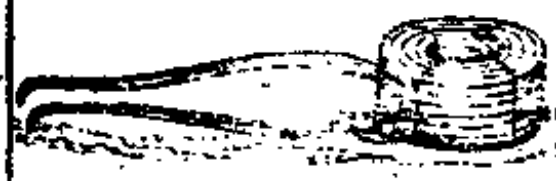
第八十八圖



第八十九圖

六化電氣之法用紅銅絲外包難傳電氣之物而再繞成短厚之管如第九十圖以大力化電氣傳過銅絲將欲加吸鐵氣之鋼條安於此管內而移動數次每次至端與管齊俟條之中心正對管之中心時斷其電氣將鋼條取出有吸鐵氣矣

第九十圖



用此法作彎鋼條必用啣鐵連兩端而入管之孔內作直鋼條則用二條而以二啣鐵連兩端雖極大者如法一次即能容滿吸鐵氣

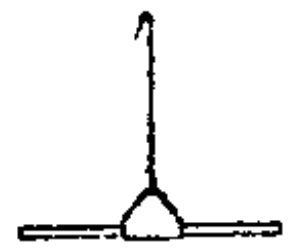
吸鐵條不用之時須依指南針指之方向而安置慎勿忽

然擊物或被他物所擊因每次震動力必減小也有兩吸鐵鋼條則同性之極不可相近每次相近力亦彼此皆減故須稍相離而以異性之極相並各用軟鐵條連之成平行四邊形彎吸鐵不用之時亦用軟鐵條連其兩極

吸鐵總理 第六十五節

一吸鐵指方向用銅皮或厚紙作馬蹄形而小以絲線挂之將吸鐵條橫加於其中如第九十一圖相近處之鐵盡行取去則吸鐵條轉動數次之後必略定於南北之方向强改之放後仍自回原

第九十一圖



二吸鐵相引相推將兩吸鐵條或挂起或加於針上則或能彼此相引或能彼此相推而有定法兩北極或兩南極相近必彼此相推一南極一北極相近必彼此相引也

三吸鐵極用細鐵屑散於吸鐵條之面成花形能有理不紊如第九十二圖戊戊鐵屑在兩端所成之紋甚長而與吸鐵之面正交漸近於條中則漸短而斜至近中線則甚斜而甚短在中線處則無鐵屑此謂之中立線條之兩端已謂之吸鐵極無論爲磁石或人造之吸鐵必有中立線與二極有時吸鐵條兩端之內能多於二極而有二或多之餘極此謂之相間極之吸鐵條

第九十二圖

四吸鐵力曲線將吸鐵安於平桌上加白紙或玻璃薄片用極細紗布袋篩極細之鐵屑在紙或玻璃之面上輕輕敲之使震動則鐵屑圍抱吸鐵條列成有紋之曲線形如第九十三圖名爲吸鐵曲線又名爲吸鐵力曲線細察此曲線知吸鐵之力自極向中點或向兩極間之別點漸漸減小至此點而無力故名爲吸鐵之中立點

第九十三圖

五兩吸鐵條之極相引相推將大力之兩吸鐵條列成一直線相距約一寸半或二寸以異性之極相對上蓋紙一張用鐵屑盛於極細紗布袋篩於紙上則鐵屑自兩極發曲線或直線現彼此相引之狀如第九十四圖再以同性之極相對同法篩鐵屑於紙上則鐵屑自兩極發曲線現彼此

第九十四圖

第九十五圖

第九十六圖

相推之狀如第九十五圖吸鐵條有更迭之極者則鐵屑之狀如第九十六圖

道光十一年路日著書論吸鐵力曲線算學之理云由線內之任何點至兩端所成之直線與本邊之軸所成角之餘弦爲常數由此設各法可用規矩畫各曲線

六附吸鐵氣磁石或人造之吸鐵條與鐵或鋼不必相切亦可傳吸鐵氣惟力小耳如第九十七圖以鋼吸鐵條甲之北極卯近於軟鐵條乙之申端則申端速有南極之性而卯端速有北極之性如甲吸鐵之南極申近於軟鐵條乙則軟鐵條之極相反再以軟鐵條丙近於軟鐵條乙之卯端則依同理亦速有吸鐵氣而卯申爲北南極又以軟鐵條丁近之亦得卯申爲北南極若去其鋼吸鐵甲則三軟鐵條之吸鐵性盡失矣由此可知吸鐵之引性與推性同於電氣之引性與推性皆異性者分則現大力合則有中立性而不現力皆有正負二性而性之例亦相同乙丙丁三軟鐵條所有之吸鐵氣皆自吸鐵條甲所附得與用容電氣之體附至不容電氣之體相同如第七節凡吸鐵引軟鐵則軟鐵相近之端有異性之附吸鐵氣而兩異性彼此相引矣若吸鐵引鐵屑則近於吸鐵之一鐵屑受附吸鐵氣而自變爲小吸鐵再有附吸鐵氣至第二鐵屑餘各粒亦然各粒異性之極彼此相引與皆是吸鐵條相同測二吸鐵條異性之極引力之數及同性之極推力之數而相比之知引力大於推力因附吸鐵氣之理也異性之極相切則吸鐵引力彼此相增故引力加大同性之極相切則吸鐵推力彼此相減故推力減小因異性之附吸鐵氣故也大力之吸鐵條與小力吸鐵條以同性之極相近則先推而後引因大力者能減小力者之同性吸鐵氣而附以異性吸鐵氣也

附吸鐵氣之理可用下數法試明之

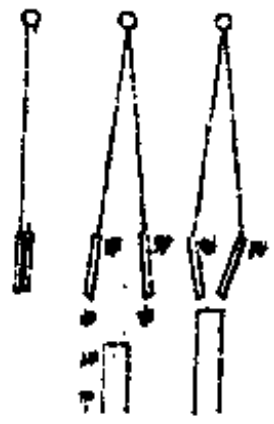
一將軟鐵絲三四條如第九十八圖吸於大力吸鐵條之北極卯鐵絲必各相斜而不平行因鐵絲暫容吸鐵氣而上端皆成南極引吸鐵條之北極而粘連下端則皆成北極故必彼此相推也

二將軟鐵兩條用線挂於圈如第九十九圖以吸鐵條甲之北極近兩軟鐵條之下則兩軟鐵有南極之性故彼此相推吸鐵器甚近之則二軟鐵條之下端

第九十七圖

第九十八圖

第九十九圖



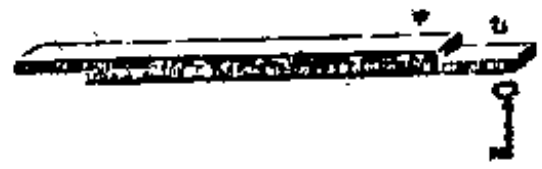
又彼此相斜而似相引因吸鐵條甲引二軟鐵條之力大於二軟鐵自有之推力也軟鐵條之上端同有北極之性而仍現推力吸鐵條甲愈與軟鐵條相近則推力愈大

第一百圖

三用又形軟鐵如第一百圖丙丁戊以丁支切於吸鐵條乙之北極卯吸鐵條之力大者則戊支可吸鐵鎖匙如子再以第二吸鐵條甲之南極申切於丙支匙即落下因乙條之北極性能使戊支有附北極吸鐵氣故能引匙甲條之南極性又使戊支有附南極吸鐵氣二附吸鐵氣不同故彼此相滅而匙即落下也

四將軟鐵如鐵鎖匙等吸於大力吸鐵條乙之某極如第一百一圖再將第二吸鐵條如甲以異性之極相並移於其面則甲端移至距乙端若干匙即落下與無有吸鐵力者相同若取去甲條則乙條仍能吸鎖匙

第一百一圖



五將焠水合法而磨至甚光之鋼板用圓頭之吸鐵條在鋼板面上盡任意之字或花再將細紗布盛淨鐵屑篩於板面則盡過之隱露出而餘處有鐵屑蓋之若用吸鐵條之兩極盡於板面則所盡之各線有北極之吸鐵氣而吸鐵力極大之處有鐵屑聚成花線此種吸鐵氣成之圖哈而得所初造也

造吸鐵器最宜之鋼 第六十六節

司果勒司比曾經屢試知造大直條或單層或多層用硬鑄鋼不退火最宜單彎條者用鑄鋼自硬如磋加熱五百五十度而退火或用硬翦鋼稍退火彎條多層者用硬鑄鋼加熱自八百四十度至五百度而退火或用極硬之翦鋼而不退火重指南針單層者大風大雨時所用用硬鑄鋼不退火輕指南針單層或多層者用最好之硬鑄鋼加熱自五百度至五百五十度而退火或用硬翦鋼或用孛辣得福特鐵鍊成硬鑄鋼皆不退火極輕指南針與小吸鐵條用上等硬鑄鋼在沸油之熱度退火若用第一號猪鐵鑄成條兩端焠火至硬力亦能大而耐久弗打依此作二十四條每條重三磅能攝重六十磅弗打謂生鐵條獨以兩端變硬不能多容吸鐵氣而反有數與不及全體稍變硬更善也

司果勒司比考知鐵能容吸鐵氣之性與能伸長之性有比鋼愈良者能容吸鐵氣愈多曾試各種鋼之吸鐵力知

鋼之硬或軟與能容吸鐵氣之性大有相關意後必能由吸鐵氣之力而知鋼所含炭質之數亦能知成鋼之鐵是何成色也

吸鐵條最宜之形 第六十七節

吸鐵條之形來門得云有二形皆最宜俱爲平板一中闊而兩端減狹成尖二中與兩端同闊第一形者吸鐵力與重之比太於第二形者八分之一可知吸鐵條自中向兩端愈減小愈便

吸鐵條并用之例 第六十八節

選擇大力之數條依法連合能成極大力之吸鐵條司果勒司比用十五寸長之硬鋼條吸鐵力比用等長而退火爲簧之條大五六倍將數條連合則力大於與此等重單條數條之和惟所加之力亦有定限加之過限不特不能加力而反減力各條間若用小圓板分隔則力更大凡吸鐵條之硬軟略在脆如磋至韌如簧爲限

測吸鐵條之力 第六十九節

果倫伯用扭力稱之法如卷一第六圖司果司勒比用相比之法可合於常事之用將欲測力之各吸鐵條平臥而與指南針之方向正交以指南針近於各條觀指南針偏過之度其條若等長者自各偏度之切線能知各條吸鐵力之相比考吸鐵條或指南針相比之力先分考各條之力再將各條以相配之極相並而捆合而考之分考各條之力雖相等而捆合考之知有大別

吸鐵力之例 第七十節

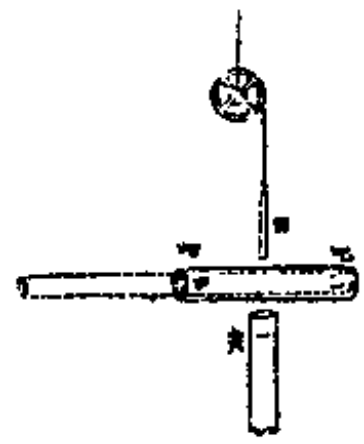
柰端初試吸鐵力之例謂力與相距非有二倍比而略有三倍比何客司比與韋而生與兌辣三人推得之例謂力與相距有一五倍比墨深不陸客屢考之而謂力與相距無定比無論吸力與推力皆然美約與馬汀謂吸鐵力之眞例與向地心之力相同用吸鐵條近指南針而使偏若干度所須之吸鐵力與使指南針回原方向所須之地心力相同其力可與所偏之角度有比則吸鐵力爲與相距平方反比蘭白德試小指南針與吸鐵條測指南針偏之數與吸鐵力有比與相距之平方有反比蘭氏試得此例後果倫伯証之得其據

哈理司近時試得吸鐵條所現附吸鐵力之例在各吸鐵條不同且不特與吸鐵力之大小有相關而尚與別事有相關原例之略爲附吸鐵力與吸鐵力有比附吸鐵力與相距有自平方根至一五方根有反比哈里司試體質與淬火皆平勻之鋼條容大吸鐵力外刻平分之多點用靜水測吸鐵氣秤試之知吸鐵力與自距吸鐵力心之相距

有比又在條之任何點與軟鐵之引力則與自吸鐵力心之相距之平方有比

哈理司設試法能徵吸鐵氣僅聚在體之外皮故容吸鐵氣之多少與內體積之大小無涉與電氣相同可用器試之如第一百二圖寅爲吸鐵條酉爲測力之條呷叱爲鐵管在寅與酉之間管內有鐵條甲乙恰相配先試其吸鐵力再取去內條而試其吸鐵力二力必相同因外面積相同也將內條之端對管口試之則吸鐵力略減半因外面積略二倍也

第一百二圖



田大里旨考吸鐵氣之例記有四要

一吸鐵條與軟鐵球相切則引力與吸鐵條之力有比

二吸鐵條與軟鐵球稍相離則引力與吸鐵條之力之平方有比

三吸鐵條與軟鐵球在各相距則引力與相距有反比

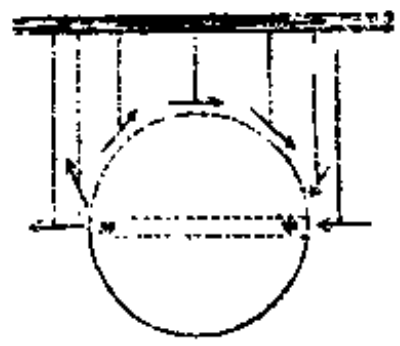
四軟鐵球受別牽開之力能與引力相平使吸鐵條與軟鐵球之相距常改變則引力與相距之平方根有比

地球之吸鐵氣 第七十一節

地球即極大磁石也能引指南針同於磁石高司推算地球全吸鐵之力與鋼條重一磅容滿吸鐵氣之力比若八十四萬六千四百萬萬萬萬與一比若以地面之吸鐵力爲平勻鋪列則二十九立方尺有鋼條重一磅者容滿吸鐵氣之力六倍

鋼條繫於重心而懸之必能相平加以吸鐵氣面仍懸之則不相平而斜矣地面各處鋼條之斜度不同愈近於地球之兩極斜度愈大愈近於赤道斜度愈小在英國倫頓鋼條之北極斜下約與地面成六十八度一五之角地面各處鋼條之斜度可用法明之如第一百三圖將吸鐵條包於輕木球或紙球內設爲地球再用線挂小指南針移對球之赤道針必略平針之北極對球之南極移過球面則針之斜度各不同球之南北極如申卯針之北極如箭頭

第一百三圖



陸地指南針 第七十二節

以鋼針容滿吸鐵氣藏於木匣內或黃銅匣內戴於中心之尖上如第一百四圖匣底內有度分圈另有二銅針可移對某向銅針之上或另有照星匣口鑲以玻璃片使針不爲風所吹動有銅小圈能舉上切針使針不動放下而

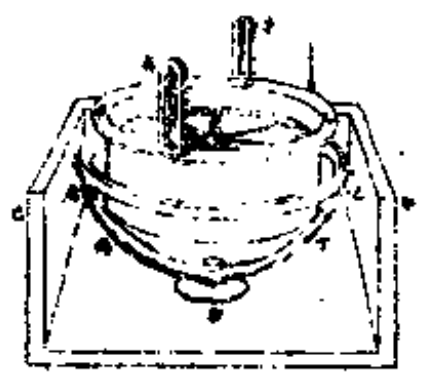
第一百四圖

針卽轉匣底之度分圈分爲三十二向及四分向之一其南北向點之式與針之式略同取其易定他物之方向惟針指之方向必依各地之差而改之

船用指南針 第七十三節

用鋼針容滿吸鐵氣而藏於匣內針載於中心之尖上皆與陸地者相同惟度分而連於針與針同轉測他物方向之用者如第一百五度甲乙爲匣在外箱巳午之內匣旁有兩平樞連於平圈平圈亦用平樞連於立半圈如丙丁戊巳立半圈以立樞連於箱底匣旁之樞與平圈之樞彼此正立匣底有重物無論船搖動如何匣恆自平度分面連於針常用僅分三十二向及四分向之一測他物之方向者則外周再

第一百五圖



分三百六十度而自南極或北極起故西南卽南偏西四十五度也東北東卽北偏東六十七度三十分也餘類推匣口另有二照星如庚辛可測他物之方向與指南針成之角度人目在辛照星孔觀庚照星略對所測之物旋轉其匣至庚照星孔間之細絲正對所測之物時觀面上之角度卽他物方向之角度

英國戰船部信用之指南針用吸鐵四條度分面用雲母爲之上糊薄紙紙面印三十二向外周連白銅薄圈分三百六十度針中之帽用瑪瑙爲之中心釘尖用相合之金類爲之匣用黃銅爲之

指極針 第七十四節

乾隆二十一年間英國倫頓造格致器之人奴爾曼考知懸挂指南針俾上下四面皆易轉動則針不與地面平行而必成角度名爲指極針嗣後多年人覺此斜度常有變改後又用指極針試各地斜度有不同並試一處各時斜度亦有不同嘉慶五年間造作此針益精而無差誤

指極針之簡式如第一百六圖針下有銅圓板爲座以三螺絲爲足有酒準能使板合眞地平板中有黃銅大空柱柱上有圓匣直立匣內容指極針針有小橫軸加於

第一百六圖

甚光之兩瑪瑙面能轉動甚靈

指極針難於極精不能一觀而知眞數常法先觀八次至十次記其各數繼乃旋轉而換東西再觀八次至十次記其各數杜上之活節刻分度甚細故旋轉亦可無差也將

各數相加而以觀之次數約之得其中數再將針自匣內取出而用引吸鐵條之常法倒其極點再安於軸上則前向下之端變爲向上針若原相平者則向下向上之二數必不同當另試得二數以四數相加而四約之得其中數爲斜度之略近數

測斜微數之指極針 第七十五節

指極針斜度每日之改變或每年之改變轉動之弧甚短故針當甚長且另用物逆等察其微數安此針之處必極平穩絕無震動再用諸法免其微差始可測得極微之數器若有差則難於測準而改變之理不能明也

測指南針地差之器 第七十六節

指南針所指之南北非地軸之實南北其差名爲地差而各時有改變可用法測之用未絞過之生蠶絲挂方形吸鐵條而衡之條端連小回光鏡與條中線正交以柱形之木匣容之匣頂有孔以繫蠶絲匣邊對小鏡之處有孔稍大於鏡鏡之對面相距約十六尺有測地經緯儀儀內遠鏡之軸與指南針之挂線同在指南針經線內儀之架上有橫平之分數尺長四尺分爲千枚之一與指南針經線正交其○度與儀內遠鏡軸立面相對遠鏡之外鏡內有極細之金線連於鏡中而下懸重物使合垂線尺之高恰能在遠鏡內自回光鏡見之回光鏡與遠鏡之相距等於回光鏡與尺之相距另有記號可徵經緯儀方向有否移動各件若無差則在遠鏡內自回光鏡見尺之○度必正對遠鏡內所懸之金絲次以遠鏡察定遠處之一點另測此點至遠鏡點之線與眞子午線之交角卽指南針地差之數也又指南針地差有改變則在遠鏡內不見○度對所懸之金絲而見某分數對金絲矣已知尺與鏡相距之數則由某分數易求改變之角度再將指南針反轉以上面爲下面則回光鏡之斜差易於考準依此法指南針地差並地差改變極易得其微數也

指南針之地差 第七十七節

周遊地球各處之人常測指南針之地差得指南針之經線與地球經線相合而無地差者有數處焉或偏東或偏西而有地差者略各處盡然也韓司典所作地圖內有指南針同地差之各經線又有每經線地差之數無地差之經線卽地球吸鐵氣經線之○度在西者自北緯六十度之北黑德生海灣之西岸起向東南過北亞美利加各大湖再過安低利山與生路格角至南大西洋在南緯六十五度與固林爲志經線相交此線自北端至赤道稍南之處略爲直線再向南則繞南亞美英利加之東邊而彎矣

在東者自墺地利亞洲之南緯六十度之處過墺地利亞洲之中再過南海諸島成二圈而過赤道三次先過波泥阿之東邊後近於西倫再過赤道一次後在南海之東邊再過赤道一次再順中國之海岸向西成半圈至北緯七十度再向南成一圈至俄國北邊之白河止此線各處甚彎曲成無法之形數處成圈可知必因另有吸鐵力也道光十年巴羅作指南針地差之新地圖內有陸司所見吸鐵氣之各事又言依指南各經線之形性將各線引至一極點正合陸司所遇指南針直立之點

明萬曆四年至道光十一年在倫頓所記指南針偏差之數如左表

年代	記之人名	偏差之數
萬曆四年	奴而曼	東十一度十五分
萬曆八年	白路司	東十一度十七分爲極大之數
天啟二年	根打	六度十二分
崇禎七年	格利不蘭特	四度五分
順治十四年		無差
康熙元年		西三十四分
康熙五年		二度六分
崇熙九年		三度〇
康熙十一年		四度〇
康熙三十九年		十三度〇
康熙五十九年		十六度十分
乾隆五年		十九度三十分
乾隆二十五年		二十二度二十分
乾隆三十九年		二十二度二十一分
乾隆四十三年		二十三度三十九分
乾隆五十五年		
嘉慶五年		二十四度三十六分
嘉慶十一年		二十四度八分
嘉慶十八年	步弗	二十四度二十分一七秒爲極大
嘉慶二十年		二十四度二十七分一八秒
嘉慶二十一年		二十四度十七分九秒
嘉慶二十五年		二十四度十一分七
道光三年		二十四度四分
道光十一年		二十四度

觀表可知自康熙元年起指南針初偏西至嘉慶二十年偏西極多後漸退而向北至同治四年偏西仍約二十一度

現在歐羅巴洲惟有俄國之一小處指南針不偏餘則俱是偏西俄國東方至勿而加河口並沙拉路與尼失尼那夫谷拉得與阿克因治各處之東邊指南針漸偏東與亞細亞洲同安低利山之西邊與司比子白根等處數百年內指南針之偏皆甚少而不覺又哲美加地自順治十七年至今指南針無有改變

俟失勒云西印度各島昔時各人之田產依指南針之方向定界限幸數百年內彼處周圍各島之指南針無有改變而界限不致混亂若指南針有改變則此處各人之田產必致混亂而爭訟不息矣

指極針之變改 第七十八節

指極針之斜度亦常有改變與指南針相同有數處斜度漸增大有數處斜度漸減小康熙五十九年至同治二年

問英國倫敦指極斜改變之數如左表

年代	實見之斜度	記之人名	推算之斜度
康熙五十九年	七四度四二分	格留漢	七六度二七分
乾隆三十八年	七二度一九分	黑白[illegible]	七三度四〇分
乾隆四十三年	七二度八分	苟拉丙	七二度一八分
乾隆五十四年	七〇度五三分		七二度三九分
嘉慶五年	七〇度三五分	沙丙	七一度五八分
嘉慶十五年			七一度一五分
嘉慶二十三年	七〇度三四分	加得	七〇度三四分
道光元年	七〇度三分	沙丙	
道光八年	六九度四七分		六九度四三分
道光十年	六九度三八分		
道光十三年			六九度二一分

觀表內可知康熙五十九年指極針之斜度極大至同治二年五月紀和星臺指極針之斜六十八度十五分此一百四十三年內共減六度二十七分每年得二分七秒道光二十七年三月十一日亞美利加之土倫多指極針之斜七十五度十六分

指南針依時改方向 第七十九節

指南針改變之數有每年及每日二者依太陽在夏至冬至春分秋分四點之相關及地球每日旋轉而熱度改變之相關

每年改變之數英國正月至四月初即自冬至至春分之間針自地球之北極稍退而增偏西之差自四月至七月初即自春分至夏至之間針進向地球之北極而減偏西之差自七月至十月初即自夏至至秋分之間針乃退而增偏西之差故十月之方向略與五月相同又十月至三月之間其向西之偏少於七月至十月所以春分至夏至之間針向北而進其餘夏至至春分之間皆是向西而退也

每日改變之數格留哈末於雍正二年初見之嗣後各處有人用器詳測之沙丙乃集英國四處屬地所設之星台久測每日所有改變之數而印於書內四處者北亞美利加土蘭多曾測三年也墺地利亞何白頓曾測五年也好望角曾測五年也生黑里那曾測三年也因知日間之偏差皆多於夜間而每日之同時內則偏差恆略同而有小差偏差極多之時不在太陽極高之時亦不在午後極熱之時而在日出後一小時至二小時約辰初至巳初也惟土蘭多地則更早而在卯正至辰正又自午正至未正偏差又增大至與辰正略等何白頓與生得利那二處同時亦有偏差二次增大

英國愛爾蘭島之得布令星台官陸以得每日夜每二小時觀偏差改變之數知一年內每日改變之中數得指南針之北極自早晨稍向東至辰初而向東極多自辰初漸向西至未初十分而向西極多後自未初十分漸向東至

亥正而向東極多各日所改之中數爲九分八秒夏時辰初變改之數更多而午後無極多之時因針之北極自戌初至辰初俱向東動也但冬令則易見午後極多之時而早晨不見極多之時因針之北極俱向西而動至巳初而動慢再後仍向西動而至偏西極多此極多之時周年各日俱略在同時而夏令每日所偏之極多十三分七秒冬令每日所偏之極多七分二秒

地球吸鐵氣之赤道 第八十節

地球吸鐵氣之赤道成亂形之線與地球自轉之赤道有四交點如第一百七圖實線爲地球自轉之赤道如東西虛線爲吸鐵氣之赤道如寅寅寅交點有四可知必另有吸鐵大力而混亂也

第一百七圖

法國人杜不來之書內云地球吸鐵氣赤道與地球自轉赤道秖在對面二點相交一在大西洋一在太平洋略在法國京都經線之平面內在海島散列之處地球吸鐵赤道稍離地球自轉赤道海島更多之處相離更甚陸地之處相離極多南北兩半球皆然又云地球吸鐵氣赤道南北二半線之式比昔時所意想者更相配

在地球吸鐵氣赤道之處指極針與地面平行向南北則斜度皆漸增大韓司典所作之地圖內有等斜度之各緯線略與地球吸鐵氣赤道平行至六十緯度而止過此緯度則繞地球吸鐵氣之北極而彎陸士試得地球吸鐵氣北極在北緯七十度五分十七秒固林爲志西經九十六度四十五分四十八秒此處指極針之斜八十九度五十九分與直立差一分而已若依地球吸鐵氣赤道推算地球吸鐵氣北極則當在西經二十五度北緯七十六度三十分與地球自轉北極相距十三度三十分也但自各處所測者知非如此而自各處所見之斜度及所見斜度變改之數可知各處各有吸鐵軸吸鐵極吸鐵赤道

地球吸鐵氣之濃淡 第八十一節

指南針以重心爲懸點南北兩半之吸鐵力相等者將針轉過而放之則搖動而每次之動路減小漸減而至停此因針之兩半同受地球之吸鐵力使强合地球吸鐵氣經線故針之吸鐵力愈大則搖動之數愈少針停於經線愈速略與地心力動之擺相同針內之吸鐵力與若干時內動數之平方有比

指極針合於吸鐵經線而上下搖動亦同此理設在地球自轉赤道處一秒動二十四次他處二十五次則二處吸

鐵力之濃比若二十五之平方與二十四之平方比節六百二十五與五百七十六比節一〇八五與一比針若移至地球各處則各處吸鐵氣之濃俱可依其動數定之

各處吸鐵氣之濃每日每月有變改與指南針偏差指極針斜差相同喊司頓見每日淡時在巳正至午初濃時五月內在申正至戌初六月內在戌初每年之十二月極濃六月極淡每月之改變在十二月與六月最多因地球在最高最卑點時也在三月與九月最少因地球在春分秋分點時也每日之變改在冬令最多在夏令極少一年極濃與極淡之較為〇。〇三五九哈司頓又考知歐羅巴各國吸鐵氣逐日漸淡歐洲北邊與東邊比南邊與西邊漸淡更多意因亞細亞洲北邊之吸鐵氣北極漸移向東也自沙丙等所考知二半球各有二大濃之心諸等吸鐵力處相連之線繞此二心成卵形圓線惟二半球內之二心非等力也北半球大濃之心在亞美利加近於黑德生海灣之西南岸略北緯五十二度十九分濃略為一〇八八北半球小濃之心在色皮利亞即俄國東方在中國之北之北固林為志東經一百二十度濃為一七六南半球大濃之心陸司于道光二十年至二十三年測得在固林為志東經一百三十四度南黃極圈之稍北南半球小濃之心沙丙云在西經一百三十度北亞美利加之內勒夫來推算大濃心處之吸鐵力率得十三九喊司頓與杜格推算在色皮利亞小濃處之吸鐵力率得十三三又山黑利捺即小濃線內極小濃之點其數為六四而倫頓之濃為十〇三一此各數所為一之數為引一釐重一秒時行一英尺

吸鐵氣亂流 第八十二節

嘉慶十一年亨波彼在布魯士京都見指南針亂動知必因吸鐵氣亂流而成嗣後講求吸鐵氣之人精考而徵之嘉慶二十三年在寬四十七經度之地面內同時各處之指南針亂動又道光二十一年九月二十五日在土倫多與好望角與地利國不留格與中國澳門同時俱有吸鐵氣亂流又在反低門地西西里瑞顛國烏步沙辣亦同時有之吸鐵氣亂流之時恆有北曉與電氣亂流電氣亂流即地面有電氣行過也有時電報能收之而亂報信

考究吸鐵氣之人意謂吸鐵氣亂流之源在乎太陽特所之地博物士失窪皮細觀太陽約四十年所見發出之黑斑盡記於簿中約每十年有一極多黑斑之時在道光二十八年與咸豐九年簿中記黑斑極多沙丙在土倫多見吸鐵氣極大亂動時在道光二十八年紀和之地所記吸鐵氣極大亂動時在咸豐九年司低阿特云有一次曾見

太陽亂吸鐵氣咸豐九年八月初四日天文家賈令敦與好者孫二人同時各在一處觀太陽面之大光斑至午初一刻見大光斑內忽發極光之星行過大光斑之面甚速後賈令敦往紀和星台觀照相法自記指南針搖動之器知正在發光星之時吸鐵氣有亂動

太陽之黑斑與吸鐵氣亂動之相關人未能定司低烏特云恐諸曜不能有向心攝力之相關而尚有別相關其理玄奧今人意想不到

英國　傅蘭雅　口譯
無錫　徐建寅　筆述

英國瑙挨德著

賈法尼考得動物電氣 第八十三節

乾隆五十五年步路捺地之醫生賈法尼家見已死之田雞發動爲知動物電氣之端倪

賈法尼嘗有事外出其妻買田雞剝皮而將作羹偶有小刀切於田雞腿之腦筋其學徒適將相近處之摩電氣器轉動乃見田雞之腿忽然亂動甚猛（由翁云已死田雞之腿能亂動乃附電氣之理也）

拉得捺云賈法尼精究動物之各理歸而問妻此言以爲前人未知之動物新理遂將田雞之腿及下半身分開使脊髓外露將紅銅鈎鈎住脊骨之一塊而挂於房屋前之鐵欄杆即見腿亂動因甚詫異知必有別理

步路捺之博物會存有書稿可知印書之前二十年賈法尼已試田雞能伸縮之理謂田雞之筋縮因回發電氣又有書論鬆空氣能傳電氣而發光之理知賈法尼先已略明電氣之理雖見磨電氣器發光星及田雞腿亂動之事以爲詫異亦不可謂其不明電氣之理也葢深電學之人初見如此亦必詫異也

賈法尼之書第三卷論試金類電氣係乾隆五十一年九月二十日親筆所寫之原稿內云用紅銅鈎挂田雞於鐵欄杆以摩電氣器在近處搖轉田雞之腿能伸縮又以二不同金類相連而成弧一端切田雞之腦筋一端切田雞之動筋腿亦伸縮且云用二不同金類相連成弧比用一金類成弧使田雞之動更靈又以田雞脊骨之腦筋置於水杯內而腿置於另水杯內如第一百八圖再以金類弧連二杯之水腿亦伸縮

第一百八圖

賈法尼動物電氣之理 第八十四節

賈法尼謂動物另容一種電氣名爲動物電氣積於動筋之中亦有正負而專爲腦筋所放故用金類弧相切而動筋能縮即金類弧放電氣之故也又云動筋之能縮因腦腿之電氣有改變而由腦筋傳至動筋也

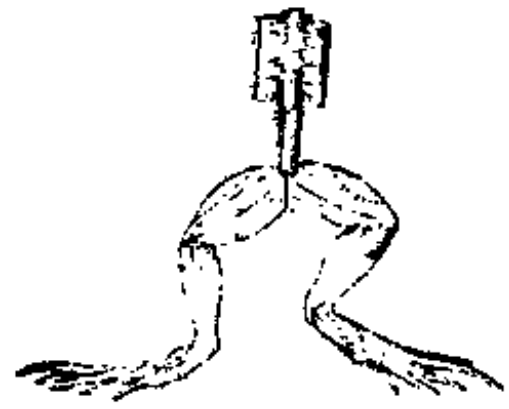
試動物電氣之法 第八十五節

割田雞之二腿使脊骨處有腦筋相連如第一百九圖用紅銅絲與鋅絲相交銲連而一端切於脊骨之腦筋一端切於腿之動筋其腿即動賈法尼割田雞之法以刀割活田雞之腰間止留後腿與胯骨與脊腦之一端剝去其皮

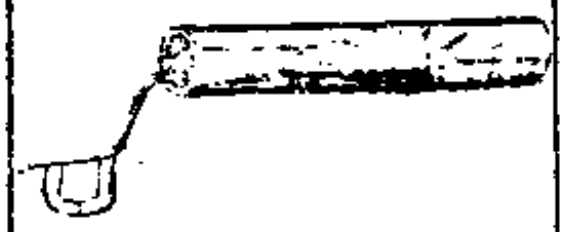
再將剪刀剪去脊髓與胯骨間二處如第一百十圖如此

第一百九圖

第一百十圖



第一百十一圖



則電氣可獨自腦筋流過也若再在胯骨處去其一腿之動筋而留其腦筋並胯骨處脊骨之一塊將所餘之一腿安於外敷漆之玻璃管內如第一百十一圖則能現有電氣傳過手執玻璃管之端而發電氣物之二極切於腦筋其腿即縮另用二濕紙置於發電氣二極與腦筋之間使不致為切於二極而有相磨之動

弗打考得電氣之理 第八十六節

弗打初試賈法尼之法先以電氣傳過田雞知其能動用金類弧兩端切於田雞腦筋之二點知其動筋能縮又用金類弧切於人目腦筋之外有時能覺有光切於舌能覺有味所以想凡動筋之縮皆因腦筋受所感也腦體受感或能使五官有覺或能使動筋收縮後又思得金類弧能感動腦筋必金類弧之發電氣也又謂不同之能傳二質相切發電氣如有第三質相切則放電氣

或云用一種金類作弧亦能發電氣亦能感動田雞之腦筋弗打謂此係弧之兩端稍異如一熱一冷或一光滑一粗毛故能發電氣也賈法尼亨波得阿地巴三人云不用金類弧而將田雞腿彎之至與脊髓相切亦可使其動筋收縮弗打云田雞之腦筋與動筋有二種金類之意即此理之據也

弗打所謂不同二種金類相切而發電氣僅是空言究無實據至嘉慶元年八月始以二種金類相切作弗打發電氣推其理傳至各處凡有相關之各學俱得其大益賈法尼等再不敢言動物電氣矣

馬土細考動物電氣 第八十七節

動物之動筋自有電氣可以試之將刀割田雞之動筋成孔而如前法割出其腦筋入於所割動筋之孔內以腦筋之端切於孔底又一處切於孔口其腿即縮知自發氣也又有數種禽獸死後多時試之亦有電氣惟其電氣已絕之後則無法能加入寒血與煖血之動物皆然

馬土細作動物動筋之發電氣器能使測電氣之針偏動將田雞五六隻依賈法尼之法割之慎勿傷其動筋割斷其腦使前後各田雞之割面向一方向而前之內面與後

之外面相切　極通至動筋之內面一極通至動筋之外面電氣自動筋之內向外傳行通二極於測器得針之偏動十五度二十度三十度至六十度與田雞之數有比田雞壯大者用二隻能使偏二度至四度四隻能使偏六度至八度六隻能偏十度至十二度餘類推

鱔魚等物及鴿小雞羊牛等物之動筋割之成片俱能發電氣可知各種種物殺後不久將動筋之內面連至外面皆能發電氣所用塊數愈多電氣力愈大惟動物愈笨則動筋之電氣愈濃死後有電氣之時愈久試將兔鴿田雞之動筋各八塊各自相連則兔者能使測器之針偏八度鴿者偏十四度田雞者偏二十二度兔者一小時後已不偏鴿者一小時後尚偏二三度田雞者一小時後尚偏八度至十度二十四小時後尚偏二三度

動物動筋之發電氣器無論置於空氣或養氣或極鬆之空氣或炭養氣或輕氣之內其電氣之力相同在輕氣內測器針之偏度數小時不改變馬土細謂動筋在無論何氣內電氣力相同者緣發電氣之源在乎動筋之原質常有變化也故殺牲取血分出定質以同法試之絕無電氣馬土細又將田雞依式割之（加圖第一百八圖之式）以其脊髓置於一小水杯內腿置於又一小水杯內再以測器連至此二水杯知電氣自足向頭傳過用數田雞置於雞傳電氣之面電氣自動筋之內向外傳行通二極於測器得針之偏而連於測器則針能偏動各田雞之腿即縮所現電氣力頗濃加以增

第一百十二圖

電氣器使能化分物質

將前式田雞之脊髓與前腿之動筋相切則自縮以測器之一極切於後腿一極切於前腿則電氣自後腿傳至前腿而亦有電氣自一腿傳過腿筋至第二腿

馬土細屢試而得三理

一田雞所發之電氣自一腿傳至脊髓與脊骨

二使二腿相切則此腿內有彼腿之電氣傳過

三用測器試田雞之電氣所得者為二腿彼此相傳電氣之和

馬土細試田雞之身所發之電氣及電氣之濃淡與身內各分體相關得三理

一田雞身內自發電氣之濃及傳過之方向與脊筋及脊骨之動筋內不相關無此二物電氣之濃及方向仍同去其前腿動筋所能見之腦筋亦仍有電氣傳過

二電氣係在腿之上下二節之動筋內所發

三田雞不去脊筋與脊腦筋及過動筋之各分腦筋而餘如前法爲之則此各腦筋亦能發電氣與上腿之動筋同

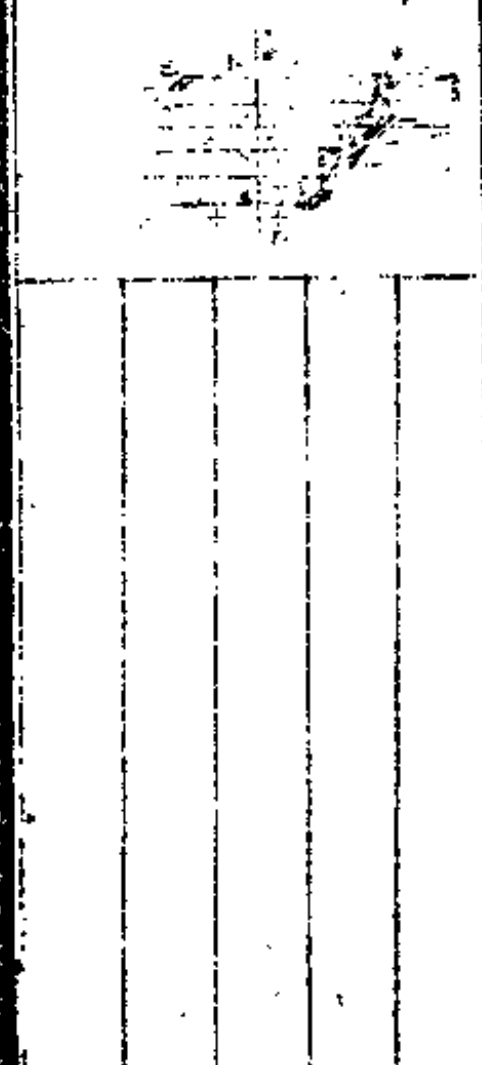
來門得所試電氣第八十八節

來門得云無論何種動物或寒血或煖血皆自有電氣傳過可試而知之有向前而行者與田雞腿內之電氣相同亦有向下而行者與田雞腿內之電氣相反但各同類之各物同此一腿則電氣之濃淡與方向各相同一物之各腿則電氣之濃淡不同

來門得謂動物之腦筋動筋等之各質點同能發電氣卽相同之質內自能發出不必如弗打之說兩不同之動物質點切而發也如將動物之動筋與肉相連則電氣傳行之方向常依動筋與測器相連之法

來門得分割動筋之剖面有二種一爲直剖面順動筋之質紋剖之二爲橫剖面橫動筋之質紋剖之剖面有人所割成者有自然成者如第一百十三圖甲乙爲人所割成

第一百十三圖



之橫剖面丙丁爲人所割成之直剖面

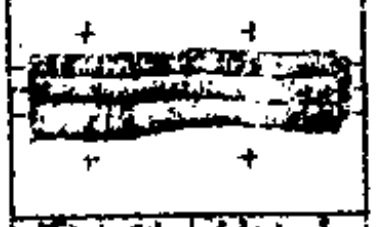
自然成之橫剖面爲各質紋之原端外有膜蓋之此端與筋帶相連相連之處如戊己與庚辛而雞傳電氣自然成之直剖面爲自第一自然成橫剖面至第二自然成之橫剖面之外面也與連於筋帶之皮不相關其色似紅銅如己辛戊庚

動筋傳行電氣之例動筋內第一自然成或割成之直剖面與第二自然成或割成之橫剖面內之任何點爲相配之正電氣

動筋之電氣或向上而行或向下而行俱依二橫剖之上面或下面與測器之一極相切而直剖面與他極點相切也依此則動筋雖極小之分必有電氣傳行與全動筋或大塊動筋相同動筋雖小至僅有數原質紋亦然如第一百十四圖乃來門得所試動筋極小之分傳行之電氣圖內之各條爲動筋之質紋放大七十五倍者來門得試腦筋亦有傳行之電氣與動筋相同腦筋與動筋原以生物之理相連而所傳行之電氣因動筋所發其腦筋不易傳電氣故腦筋之本電氣不傳至動筋也

以上所考雖極精細亦同易誤必讀勿使所用水內之鹽

第一百十四圖



濕質與動物內之流質有化合化分有則另發電氣而鼠矣馬土細所用之測器兩極用鋅板而漬透水銀浸於鋅養硫養之濃水內易傳電氣而遇動物質不能有變化來門得將所試之動筋或腦筋安於多層薄生紙之上其紙先浸鹽類水而切於測器之鉑極所浸之器之邊動物與濕紙之間隔以濕膀胱一小塊膀胱塊浸蛋白以濕之則鹽類水與動物內之流質不能有變化而電氣仍能傳過每試一次所用之兩濕紙墊有第三濕紙墊連之使電氣仍易傳而鉑極若已成對極之狀則兩極彼此能相滅

動筋縮時所現 第八十九節

將田雞如前法爲之使相連之腦筋與他田雞之腿相切二田雞皆不通地以化電氣之兩極連至一田雞脊骨之動筋則此動筋能縮而又一田雞之腿亦能縮又用鋒利之刀刮脊骨之腦筋則第一田雞之腿能縮而第二田雞之腿亦縮用兔試之亦同馬土細用田雞腿之腦筋切于活兔腿之動筋用化電氣使兔之腿縮而田雞之腿亦縮若以難傳電氣之物隔於動筋與腦筋之間則第二田雞之腿不能縮若用薄生紙隔之則第二田雞之腿仍能縮可見此非腦筋動而使腿縮也

白格路謂田雞腿縮之時腿之腦筋切動筋之處自發電氣來門得則謂動筋直剖面內之某點有易傳物連於橫剖面之某點則有電氣自橫剖而傳至直剖面故可知電氣不特四肢之各動筋所發而動筋之各質紋亦能發田雞動筋之橫剖面與直剖面任何連於腿之腦筋則腦筋必有電氣自直剖面傳至橫剖面腦筋初相切之時腿之動筋即縮久切而電氣傳過腦筋時動筋再不縮斷電氣時則再縮不特相切相離之時動筋能縮其所傳之電氣濃淡忽改亦能縮依此論馬土細所試得者知腿之腦筋切動筋電氣傳過腦筋動筋亦連縮多次每縮一次電電氣減小所縮之多少與發之電氣多少有比與馬土細之理合馬土細云來門得之說腦筋與動筋不切於二處法國京都之博物士信之

電氣感動動物之五官 第九十節

電氣獨過動物五官之腦筋則不感動其動筋與聲色味等之感動五官相同

弗打試用化電氣之一極切於人之眼球或眼皮一極切於舌雖電氣極淡不能使眼之動筋收縮亦能覺有光知僅感動視官之腦筋也又用化電氣傳過二耳覺有嘶嘶之音至電氣斷而止弗打謂爲初傳電氣之時能覺有音在負極更大素沙試得以電氣傳過人舌能覺有味用

鋅片在舌之下面銀片在舌之上面以銅絲連二片舌覺有酸若換二板之上下舌覺有碱此二片所發電氣極淡必非化分人涎所含之鹽類而有味也弗打又試在手中執錫板內盛淡碱類水以舌之下面切此水覺有酸味可知舌所覺皆非碱類之味而是電氣感動舌內嘗官之腦筋而覺味也總之電氣傳過五官之腦筋必感動之而使有所覺

電氣若傳過活動物或初殺動物心內之腦筋心與腦卽動惟傳電氣後不卽動必少待而動斷電氣後動不卽止亦少待而後止又加碱類或加熱或擦磨亦能感動腦筋與電氣相同

動物動筋縮時發電氣 第九十一節

動物之電氣卽自動筋內所發則動物身內必常有電氣傳行將動筋之橫剖面與直剖面相連卽發電氣可知身內自有傳行之電氣也前法所試測器所顯數乃全身電氣之小分來門得將活田雞二腿各置於盛鹽水之杯內二杯連至測器按奴比利之說田雞之電氣自腿向上傳行則二腿之電氣必在二腿相連之處彼此相滅故測器無所現若一腿之電氣減小而一腿之電氣不減小則不減小者必使測器之針偏來門得將田雞一腿之動筋割斷使不能動再使食弄藥卽馬錢之精使大振動則未割斷動筋之腿其動甚猛動筋傳行之電氣因而減小則測器能顯他腿傳行之電氣矣

來門得又自試之以左右手之食指各浸於鹽水杯內不割斷動筋左手不動而右手之動筋伸縮甚猛見測器之針能偏又右手不動而左手伸縮甚猛見測器之針亦偏面與前反電氣常自伸縮之手傳行至肩因不動之手電氣原大於動之手故不動之手電氣之方向自肩至手內

電魚 第九十二節

動物體內有能多發電氣而擊他物以護身者電魚是也此魚西國自古而知之名托比杜古人不里與阿比安之書論之產於地中海與英國海大者重十八磅至二十磅

第一百十五圖

雖者狀如第一百十五圖乙為腦所剖下之皮甲為發電氣之處丁為魚口如新月形戊為腮共五孔庚庚為各前橫骨辛辛為大旁翅之外邊壬為內邊近於發電氣處丑為肚寅寅為後橫骨之處此為單骨與脊骨相連又托住二小旁翅卯卯辰為糞門巳為尾翅發電氣每器長約五寸前端闊三寸後端闊半寸器內各件為柱形自體之小面起至上面止其長依所在處

魚身之厚而異最長者一寸半最短者四分寸之一極約十分寸之二各件爲六不等邊形或五不等邊形有時略爲方形或圓形英國人恆達考此種魚一尾左右兩邊各柱形有四百七十件又有人考甚大之魚長四尺半重七十三磅左右二邊各有柱形一千一百八十二件長一寸之柱內分隔爲一百五十分

欲令魚發電氣必先用法挑致之發電氣之時翅自震動甚速人以指切其身即受其電氣矣其發電氣雖能極速而久惟置於金類板上以板切於魚之發電氣處人執此板則魚翅動雖速手中不覺有電氣必以手徑切於魚之發電氣處始可覺有電氣故魚之電氣不能傳過他物而再擊物也

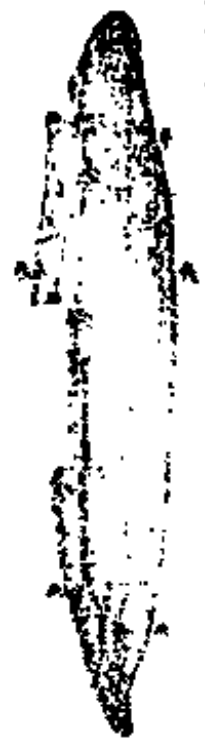
魚所發之電氣能使鋼針變有吸鐵性又能發熱亦能化分物質

馬士細曾試得三例一例魚內發電氣處之後面爲前面之正電氣二例背面傳過發電氣處腦筋之各點爲背面他點之正電氣三例發電氣處前面所有通至腦筋之外各點爲前面別點之負電氣

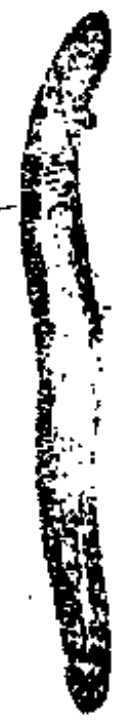
魚類名記麥奴脫司類者亞非利加與亞美利加熱地有之記麥奴脫司類之內有魚一種能發電氣形略似蟮皮平滑無鱗凡發電氣之魚俱無鱗發電氣之器有不同之料層層相間中多腦筋割去此物魚仍能活而無害若發電氣過多魚體即軟弱久而死

恆達所作之記麥奴脫司電魚圖如第一百十六圖英國格致院內所養之此種魚加第一百十七圖恆達之圖內皮已剝去可見內體甲爲頭之下面

第一百十六圖



第一百十七圖



圖之孔乙爲糞門戊爲背面留皮之處庚庚爲魚下之長翅戊戊爲魚之外旁動筋丑爲未剝去之動筋已已爲大發電氣器辛辛爲小發電氣器寅寅爲分隔大小發電氣器之皮卯爲已剝去此皮之處發電氣器爲全魚體三分之一兩發電氣器上端有背內之動筋分隔當中有浮泡分隔下端有皮分隔

大小發電氣器用二物所成一爲平板一爲薄板薄板橫分於平板平板之方向自魚頭至尾關約等於魚之半徑而長不等有等於魚全體之長者薄板橫分平板自平板之前至後俱極齊整每寸約有二百四十薄板

此魚之發電氣能自主某處要緊即將其發器之電氣向某處放之二人以手相接而一人用手切魚有時二人同覺有電氣有時電力雖極大亦僅切魚之人覺有電氣英國有格致院嘗此魚一太尾已活多年無病法辣待曾往試之得四事如左至道光二十二年三月一血管忽破而死

一擊物人以一手切於近頭之處一手切於近尾之處覺受力甚大與多連之來頓瓶放淡電氣相似此魚每次放電氣之力甚大且能連放二三次每次間之時甚小每放電氣一次其力常略等於十五來頓瓶瓶內外錫箔共三千五百平方寸者

二火星用玻璃空球上下有銅幅以一紅銅絲通過上胃入球內端連金箔又一銅絲通過下胃入球內端連黃銅球金箔與球幾相切而不切挑致其魚使放電氣傳過銅絲則金箔為球所引而有火星

三化分以銻碘消化於水用紙三四層浸濕夾於鉑片與鉑絲端之中鉑片通至魚之一面鉑絲通至魚之彼面銻碘即化分知魚體中之前半各處為負電氣後半各處為正電氣

四吸鐵使魚所發電氣傳過測器則針偏至三十度若自前半傳過測器而至後半體則針常向一邊而偏又用蠶絲包之細銅絲繞於鵝毛管外管內置鋼針針即變有吸鐵性屢次試之觀針之極即知電氣自魚首傳至魚尾多人之手同時置於養此魚之大盆之水內魚發電氣各人受之力有大小可知魚發電氣之時周圍能傳電氣之體所受之力約似吸鐵曲線之式記麥奴脫司魚繞行他魚成圈而發電氣以他魚為圈之徑能擊之致死死即食之此即其覓食之法也

細路路司電魚如第一百十八圖在阿非利加色未加勒知而與內辣各河內長約二十寸將此置於一手而第二手執金類切之覺有電氣其發電氣之器比他魚為簡脫得辣頓電魚產干即利海島脫利荷亞路司電魚產印度又他處亦產電魚尚未詳考

第一百十八圖

植物電氣 第九十三節

華得門曾試植物電氣兩年得七要植物各件內有傳行之電氣而薯皮等難傳之物則無一也植物春夏秋冬各時或斫下之塊而未乾者皆有傳行之電氣二也植物之

根或身或枝或葉或果蒂或花蕊俱有電氣在內則向下傳行在外則向上傳行三也植物身之外層木與內層皮周圍相切之處有電氣向左右傳行四也葉內各層之體至筋內如自葉至葉根之間有電氣傳行五也花內電氣力甚小甜味之果並數穀類電氣易見果內電氣多自外面傳至相近之內其力在四季有大小春令樹汁極多時電氣亦極多六也植物有電氣傳行至土內如將不相連之兩植物中連以測器知有電氣傳過七也

彼格路証此而又考得自木之軟心有電氣傳行至皮可知生長植物之地地面恒存餘正電氣而樹皮並木恒存餘負電氣此電氣隨植物所呼之氣而至空氣又因植物與地面之電氣不同類可知熱地花草樹木極茂之處必與空氣電氣有相關

花之橘皮色者多能發光閃在熱天日初落後見之色華司苟詳細考之知英國七月八月內見者更多又見一花能連放光閃數次

步以來試植物之電氣知空氣之電氣幾分自植物生長之時所發試法將十二玻璃盆列成二行於桌上桌面先敷格末辣格漆一層各盆之徑俱約八寸自日向下深約二寸亦敷辣克漆一層盆內盛燭植物所成之土用銅絲自一盆中之土內過盆邊至他盆之邊亦至盆中之土內十二盆之內面與燭植物之土相連略同於一體首盆連於地電氣器之上板末盆連地

試時天氣甚乾將各穀種於各盆內房不開門亦無燈無光亮無容電氣之體第一日與第二日穀腫大而發小芽長約十分寸之一未出土面第三日芽出土面成小葉向窗戶斜進試增電氣器知容滿正電氣故知各種子發芽之時所放之炭養氣容正電氣與燒物時發之炭養氣相同試之數次各次皆然若天氣非極乾則不能見故必在房內置收水之料始可見之自所試而知生長草木之面積一千平方尺所發電氣足容滿大力之來頓瓶

英國　傅蘭雅　口譯
無錫　徐建寅　筆述

英國瑙挨德著

第一章論發化電氣之器

弗打初試第九十四節

弗打以紅銅與鋅之圓板各一塊徑約三寸磨之光潔各有難傳之柄兩手分執之使二板之平面相切而後相離慎勿相磨再各切於增電氣器之板如前第十九圖知一板容正電氣一板容負電氣愼爲之電氣力雖甚淡而有確據且云此因有一性之電氣則二金類相切之時能發其異性之電氣也英國之電氣學家固路法試以紙隔於二金類相切之間亦能發電氣而知弗打之說之謬且云二金類相切而發電氣因熱度不同其熱彼此相傳有化合化分之故如銅錢久蓋於磨光金類之面則有影迹也法國之電氣家賈西河試知二杯相近而不相切或有物隔之俱能發電氣用紅銅板與鋅板徑各四寸在不通地之柱上相距約百分寸之一各以紅銅絲連於至顯器之二金箔二金箔相距八分寸之一金箔能左右搖動不切於二圓板無電氣之時金箔與其二板之相距等試之人一手執生布尼發電氣器如前第九十五圖得一極所距顯器之帽約一寸又一手分開其二板分開之時則發器之極與顯器之帽相切則如用發器之負極切之則顯器之金箔爲連於鋅板之圓板所引如用發器之正極切之則其金箔必爲遠於銅板之圓板而引

法辣待用不同之金類兩塊不相切而發電氣能化分鉀碘如第一百十九圖用鋅片擦淨而彎成正角如甲再以鉑片長約三寸闊約半寸連以鉑絲如乙鉑絲彎成二正角鋅片與鉑片相並而入玻璃筩如丙將生紙一塊浸以鉀碘水安於鋅板之端如天以淡硝强水或淡硫强水或淡鉀養水加入玻璃筩內則天點之鉀碘速即化分鉑絲之端有碘結成以鉑絲移於紙之各處見其變化之力甚大紙上之鉀碘盡能化分再將黃紙浸以鉀碘水安於前生紙與鋅板之間則上紙結若干碘於鉑絲下紙結若干碱類於鋅板又用顯器試之知有電氣傳過

第一百十九圖

法辣待謂兩種金類相合則流質與金類二者相對之愛力減小而電氣易傳故用水銀搽於鋅板浸於淡硫强水則金類與流質之愛力不足使其相切處有變化故金類不與養氣化合而使水化分其愛力但足發電氣而循環傳行使水化分若用鋅與鉑相連而發電氣循環傳行則

比用電氣所能化分之質連二金類者更靈因化分所用之力與淡硫强水內變化所發之力相對故傳過化分之質電氣必勝其質之愛力而使化分方能現力如其質不化分則不能現力化分其質所費之力能減淡硫强水所發電氣之力也

弗打所言二金類相切而成電氣之理電學大名家多有信之者如法夫與馬里亞尼尼與非義與山步尼與麥都細等是也電氣物質變化而成電氣之理電氣大名家亦多信之者如法步路尼與胡辣司頓與胡而司特與執格路與待辣利弗與司根皮恩與法辣待與固路弗等是也兕飛謂前器發電氣之故幾分因異性之金類幾分因流質之化分化合故化學之愛攝力與電學之攝力相同化學之愛攝力在體內質點所現電學之攝力在體之全質所現化電氣各事蓋賴此二者也

弗打謂前之相切乃鋅板收銅板之電氣而鋅板容正電氣銅板容負電氣路比生曾用銅鋅板多對相連欲得更大之力試之不在四其每銅板在二鋅板之間而每鋅板又在二銅板之間故二邊之鋅板收銅板之電氣而力彼此相減其二邊之銅板亦然是以雖用多對力必同于一對也弗打見此事即在銅板鋅板之間各另夾能傳之濕物而成堆如第一百二十圖銅板鋅板之間夾漬水而濕之羊毛布或紙每板之面積四方寸用三十對至四十對能使金箔顯

第一百二十圖

器張開鋅端有正電氣銅端有負電氣若二手浸水而後切於兩端之板能覺電氣之力將其二線相切能見小火星若將紙或布先浸濕鹽水而夾於板中如前試之則人身覺震動所發火星亦更大其鹽水化分而電氣之數增多也惟顯器金箔張開之多少在乎電氣之濃淡

乾電氣堆 第九十五節

得路格刱造發電氣堆能考得電氣傳行之方向等事用紙夾於二種金類板之間紙之一面或貼金箔或貼銀箔一面貼鋅箔徑各一寸裝配之時使鋅銀紙鋅銀紙迭更相間用此五百塊以螺絲壓緊於乾玻璃管內管之兩端加銅帽即成發電氣堆能發多電氣英國人星阿曾用鋅銀各二萬塊作發電氣堆能使顯器之樹心球相離又以極細鐵絲之兩端連其兩帽而一端有滚一薄層則能多得連光星鐵絲之端若輕移於銅帽之面則光星更亮用極薄之玻璃瓶內外錫箔面共五十方寸與堆相切十分時相離之後而放瓶之電氣能鎔鉑絲一段徑五千分寸

之一若傳於人之肱與肩能覺震或在腹亦覺震又略能月穿厚紙成孔惟絕不能化分物質將紙浸各種鹽類質之水用極靈之植物色染之久遇此堆之電氣色絕不改此堆之性與摩器收箭略同中點有中立性兩端有對極性一端若通地則他端電氣之力即增大鋅端爲正銀銅端爲負若兩端各安於金箔顯器之幃如第一百二十一圖則金箔各張而顯異性之電氣用金類連二器之幃金箔即合不連之仍張顯器之宜於此用者如第一百二十二圖其金箔能移動或近或遠如將此器之鋅端或銀端與銅端迭更連於顯器之金箔必恒來往將兩端連至顯器之二金箔則二金箔恒相推而動發電氣堆有數試法眞大有趣味星阿用一千二百板之器能使兩鐘間之小椎來往打鐘十四月不息得路格在二鐘作擺能撞動二年餘不息

第一百二十二圖

第一百二十一圖

賈西河依山步尼法用紙一萬塊皆一面貼極薄之鋅皮一面上極細之錳養粉相疊作堆容其電氣於多連來頓瓶而放之火星長五分寸之三亦能化分鉀碘而碘結於錳養之端信弗打之理者則云乾堆之電氣因二種金類相切而成不信弗打之理者則云乾堆之電氣因紙含水少許水內養氣與鋅化合而成惟此堆久用則不發電氣與化合之理確合蓋因紙內之水化散鋅漸消壞也此堆發之電氣甚濃放一次後必少待而能再放其力與空氣之性有相關用此堆動擺其動非平勻得路格與哈司曼俱見此堆受日曬之熱力即加大故誤會其意造時將各件烘乾裝成欲其力加大不料反致絕無乃拆開而將各件受露一夜使紙稍濕再裝成之始得有力星阿又試此器夏時動擺之力大於冬時在煖房之內力亦更大此堆之二端慎勿與易傳之物久相切久相切則力失必常切於難傳之物若偶誤而力失則慎之數日力仍能復

相切之理無實據 第九十六節

法蘇待書中有一卷專考弗打發電氣器力之源茲錄其總說曰依相切之理則體質不改原力不費而能自無而有憑空發出電氣力此力竟能勝傳電氣質之阻力或物質之愛力至物質改變形而始滅果能如此則與萬物之各力及萬物之公理皆不合矣蓋萬物中雖有數力未得他力所變而似乎變爲他力但此所變之力亦非自無而生亦非有不絕之源生其力也

物質變化而發電氣之理先有化學之實據而後考其質內之變化

物質相切而發電氣之理先有空理至過難解之處再設一空理以解之至末仍爲質內之變化仍與化學內化分化合之變化相同

相切之理若確則用其所發之電氣而加以電氣吸鐵器能成永動之器矣而萬物中必無此理可知其理並其理之所以然皆不合而必不確也路什推廣此說云設欲一物恒動向一處而現力永不消盡萬物必無是理蓋現動力若千路即消去若干動力消去之動力與現動力之路有比是以不能有永動之物依弗打金類相切而發電氣之理則原有之動力能永不消去可知必無此理也

哈里司著書先論兩理之略次論相切之理云細考相切與變化二者之據知變化之有大據不能謂其不確有變化即能發電氣即電氣全賴變化而發變化或減或停電氣亦減亦停變化有改變電氣亦改變變化無電氣亦無自昔至今用化電氣器未有無變化而能發電氣者總之化學之愛力即與電氣力相同也

相切之理若確則萬物與此相同之事如二種金類相切而能發電氣則可知發電氣器中相切之力必相定而等於○又其二種金類之質點各事必絕無改變而仍彼此相同若相切之理以爲二金類之質點在相切時其性或形能改變則爲變化之理而非相切之理矣又依相切之理其二金類一爲正電氣一爲負電氣當中所發之電氣爲二種電氣彼此相滅既是相滅何能重有總之相切之理以爲有正負電氣彼此相敵而後知其理尚未明解如何能使恒發電氣設二金類初相切之時能有此改變電氣之事亦不能以此理明能所發之電氣傳出勝各種阻力久而不息而力源不涸者奇矣然萬物內未嘗見有此蓋凡有發力必費原力也

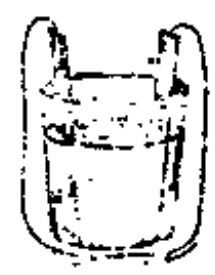
化電氣簡器 第九十七節

弗打所試紅銅與鋅板相切之時若稍有變化則變化愈大電氣力亦必愈大將不同之金類如鉑與鋅直立於杯中加淡水以浸之如第一百二十三圖使其上端彼此相切則成化電氣循環之路而水漸變化養氣必化合而電氣傳過水內運所分出之輕氣至鉑面而成綱氣泡電氣循鉑片而上至端而傳至鋅片循鋅片而下至水內再使養氣與鋅化合再傳過水內而至鉑面如此循環不息二金類片若稍相離則電氣之路斷相切則再傳

第一百二十三圖

也二金類片可不必相切而用金類絲連之金類絲無論長短盡同如第一百二十四圖杯內若盛極清之水則發

第一百二十四圖



電氣力不濃久之而力幾無乃鋅片之面結鋅養一層電氣不易傳過故也若以硫強水少許或鹽強水少許加入杯內清水之中電氣力即加大因有強水則易傳電氣且鋅面所結之鋅養爲強水所消化而面常淨水即更易化分也故知其鋅與養化合始發電氣乃自鋅面傳至水內傳至鉑片傳至過金類絲回至鋅片如箭之方向加以硫強水者則有成鋅養硫養消化於水內加以鹽強水者則成鋅綠消化於水內然發電氣則全賴水之化分而成與此二種質不相關也

以極細指南針置於相連鉑板鋅板之金類絲之上或下則針爲電氣所感而有偏可知必有電氣由此傳過也

將鋅片先浸於淡硫強水內取出揩透水銀再浸淡硫強水而不與鉑片相連則不能消化若與鉑片相連則見鉑片之面速發多水泡如鉑片大有變化者而鋅片之面則寂然不見此水泡爲輕氣實自鋅面之變所發不見於鋅面而反見於鉑面故獨用化學之理不能解也必以電氣之理始可解之緣電氣自鋅片傳至鉑片則其間之各質點盡皆變化故輕氣亦自鋅片由水逐點遞傳至鉑片也

若用淡硫強水則其質爲輕養硫養電氣能傳之時切於鋅片者即變化而硫養及養即與鋅化合成鋅養硫養其輕則化分而與相鄰者之養及硫養化合而輕又化分如此逐點變化與相鄰者之養及硫養化合而輕又化分再至末而輕點遇鉑面不能與鉑化合必留於鉑面成泡可用下式明之

電氣不傳之時質點之次序爲

鋅　輕養硫養　輕養硫養　輕養硫養　以至鉑面

電氣能傳之時質點之次序爲

鋅養硫養　輕養硫養　輕養硫養　以至輕與鉑面

輕氣雖遞傳而過而鋅鉑二片間之水則不見有變動雖以皮或生瓷分隔變化仍同故電氣之能傳過必另有一種相連之法尚在難明有電氣家但尼里設喻以解之云用象牙球數枚挂成平列而恰各球相切以堅物打第一球則打力傳過各球而至末球末球無所傳其力必自拋開其拋開之力即第一球所受之力輕氣遞傳可與此相比第一質點之輕氣化分與鄰質之養氣化合即向前移一步如此逐質傳行至末而輕氣質點遇鉑片而無養氣化合乃留於鉑面積成小泡浮至水面而散焉

連鉑片與鋅片之金類絲之原質亦逐點遞傳與水相同試將金類絲當中割斷而兩端各連鉑片同浸於盛輕礦水玻璃瓶內不久而連於鉑片之鉑片結礦一層連於鋅片之鉑片有輕氣泡一層此亦由鋅片發電氣而傳過强水至鉑片即由金類絲傳過輕礦水而回至鋅片輕礦之輕氣亦行相同之路而留於連鋅之鉑片

作發電氣器不必用二種金類而用二種流質亦可發電氣如鋅片連於匣中至二邊而分隔匣為二膛使不漏一膛內盛淡强水一膛內盛食鹽水或不用二種金類不用二種流質亦可發電氣如鋅片之二面粗毛與光滑不同平常之鋅含鐵約百分之一鐵與鋅非化合而是相和故浸於淡硫强水內鐵與鋅之質點自成發電氣兩極使其中之强水為傳電氣之路亦有輕氣放出

兌飛包船銅皮不壞之法 第九十八節

兩種金類同浸於强水或鹽水內其一種金類若與水內一原質之愛力愈大則又一種金類愈不能為水所消化如將鋅與紅銅相連同浸於强水內則較諸各獨浸於强水內者鋅之變化甚多紅銅之變化甚少故紅銅皮若獨浸於海水內則極易消化而成銅綠若與鋅相連而浸於海水內則銅不變化而獨有鋅變化矣兌飛知此必有益於製造意用少鋅能保多紅銅不壞故試用小鋅釘釘於紅銅面四十或五十平方寸久浸於海水果能不銹壞又試用鋅線徑四十分寸之一者連紅銅數塊亦能不壞又用紅銅皮多塊外面加四十分至千分面積之一之鋅或生鐵或熟鐵詳稱其重數而記之浸於保子麻港能遇潮水進退之處數十日取出再細稱其重數有鋅自四十分至一百三十分面積之一者紅銅絕不銹毫不減重三百分之一至四百六十面積之一者紅銅有減重有生鐵十分面積之一者紅銅亦未全消去故愚船之銅皮可用此法使不消化後又知銅皮全不消化則海菜與蛤類能生長於銅面而阻船之行速故必使銅稍成銅綠則其毒性能使海菜與蛤類不生長也有連世者知銅皮全不消化之弊故用鈾作漿敷薄層於銅皮之外面水不能消化動物植物亦可不生長費廉而益大也

發化電氣單器 第九十九節

一初用雙層紅銅之器如第一百二十五圖用雙層紅銅圓筩底相連不漏另有鋅管徑大於內層而小於外層安於二層之間軟木墊之上使不切於銅筩鉛管與銅筩各連銅絲銅絲之端各有小杯盛水銀傳電氣之線插

第一百二十五圖

於水銀內單器之大者發電氣數多而力甚淡傳過人身不覺有振不足化分水而生熱之力甚大

二比比司大面積之器如第一百二十六圖用鋅皮銅皮各一層各長六十尺闊二尺二層相疊而中夾毛繩使不相切將二層同捲成

第一百二十六圖

柱形挂於桶內以轆轤等使之起落桶內盛淡強水約五十軋倫電氣力甚大

三司米鍍鉑銀片之器加第一百二十七圖銀面鍍鉑鉑易黏於銅銀之面而使鋅養硫養化分有鋅結成於銅銀之面之分點甚細輕氣易於上浮尋常銅鋅及銀鋅之器輕氣所發之電氣爲所減小矣銀片

第一百二十七圖

鍍鉑之法以玻璃筩盛淡硫強水而加鉑綠水少許再以瓦管盛鋅片與淡硫強水而浸於鉑綠淡硫強水之內將銀片與鋅片相連則少頃而銀片之面結鉑一層狀似細黑粉若銀片之面先加濃硝強水少許而後鍍鉑則面毛而鉑更易黏

將鍍鉑之銀片連於橫木之中橫木兩面夾揸透水銀之鋅片以螺絲夾夾連之鋅片之大與銀片或同或半俱可將此挂於筩中而加硫強水一分清水七分以銅絲相連鋅銀則運發輕氣而多發電氣

四但尼里銅養硫養器如第一百二十八圖用紅筩內盛生瓦筩內盛揸透水銀之鋅條不與瓦筩相切紅銅筩內滿盛極濃銅養硫養水另以少許硫強水生瓦筩內盛淡硫強水紅銅筩口之下寸許有多孔之板板上常安銅養硫養之顆粒使漸消化將鋅條與紅銅筩相連即發電氣而瓦筩內之水所化分之輕氣即過瓦筩入銅養硫養水內而與銅養硫養之養氣化合使其銅則化分而結於銅筩之面水內之銅養硫養漸少則有顆粒消化而補之故可久發電氣而力仍平勻蓋化分所出之輕氣若徑至銅銀板之面則能化分鋅養使成鋅而結於板面使電氣之力減小一病也輕氣黏於板面能阻電氣之傳過二病也故電氣之減去者大半多人皆欲設法以免之但尼里初成此法使輕氣與銅化合而免其病焉

第一百二十八圖

電氣傳過瓦筩可用下式明之甲甲爲瓦筩面石邊之括弧爲未發電氣時之位置左邊之括弧爲已發電氣時之位置

銅 銅養硫養 銅養硫養 輕養硫養 輕養硫養 鋅

但尼里之器欲久用者鋅柔不可搽水銀盛鋅之瓦筩若收濃鋅養硫養水而不結成顆粒則發電氣之時可久而力則小瓦筩之用所以阻二種流質相合然銅養硫養水久亦多流入瓦筩之內故瓦筩之容積當大於銅筩之容積乃可久用

法國人得路以勒瓶造發化電氣器存於同治元年之博物院俾人觀看用汞養硫養代銅養硫養而用炭代銅淨而力久較諸但尼里器則力小而濃勝之惟微嫌用價稍貴法國多用之於電報

五顧路磚強水之器如第一百二十九圖人為鋅管兩端皆通而中開安於玻璃筩或瓷筩內銷片大而摺疊如第一百三十圖安於生瓦筩內筩內盛硝強水發電氣時輕氣過瓦筩而與硝強水之養氣化合成水有淡養或淡養化分而出消化於硝強水之水先變黃色後綠色後藍色也電氣傳過瓦筩可用下式明之丁丁為瓦筩面右邊之括弧為未發電氣時之位置左邊之括弧為已發電氣時之位置

第一百二十九圖

第一百三十圖

鉑輕淡養　養輕養硫養鋅

鉑輕淡養　養輕養硫養

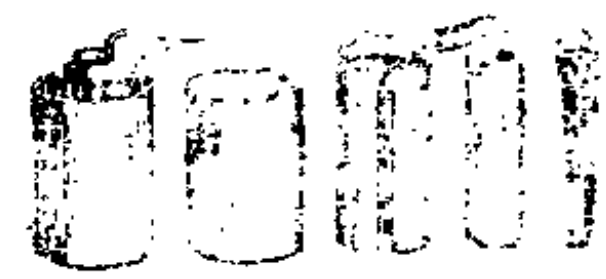
輕氣入硝強水與之化合成水及淡養或淡養俱消化於硝強水內則傳電氣更易

固路之論曰鋅與銅之發電氣器所發電氣之力等於養與鋅之愛力減養與銅之愛力但尼里之器所發電氣之力等於養與鋅之愛力減養與銅之愛力而加養與輕之愛力硝強水之器所發電氣之力等於養與鋅之愛力減養與淡之愛力而加養與輕之愛力惟硝強水內養與淡之愛力甚小於銅養硫養內養氣與銅之愛力電氣之力必大也

平常發電氣器負電氣板有鋅結成生大阻力銅養硫養器有銅結成生小阻力硝強水器無有結成無阻力

六本生炭精之器如第一百三十一圖與但尼里器同而用炭精作圓柱形以代鉑炭柱之上有銅帽連銅絲而與鋅相連炭精必長使銅冒慎不遇硝強水每次用之必將銅冒洗淨作炭精之法將枯煤與煙煤各研細粉和勻築實於鐵模內取出封密於管內用不甚大熱之炭火加熱煆之質尚漏水再浸於極濃白糖水內取出曬乾至糖結成再封密於罐內加極大熱數小時即成如欲作圖板則

第一百三十一圖

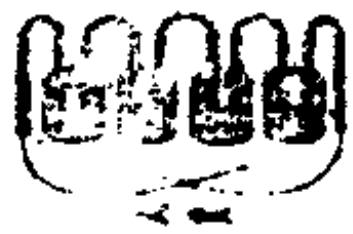


可作模而鑄成之用以石磨平本生曰鉛與炭面積相等功用亦相等相等得銳利第三曰炭精之發電氣更耐久得知明曰本生之器可用鐵線水代硫強水又可用鹽水或鉀綠水代硫強水

發化電氣多連之器第一百節

一弗打初朔之乾電氣堆即是多連之器惟木板多則逐層之相疊者多而下各層布內之水必被上層重擠出必用槽以制之故弗打又用多杯之器如第一百三十二圖其法最簡用小玻杯各盛淡硫強水各安方二寸之銅片與鋅片而不相切鋅片之面揉透水銀首杯之鋅片連於二杯之銅片二杯之鋅片連於三杯之銅片等再將末杯之鋅片連於首杯之銅片則有電氣傳過而見各銅片面多發輕氣泡鋅板則消化而寂然將兩片之銅絲不連則電氣不傳而輕氣泡不發用片十八對或二十對能化分淡強水甚速用片三十對手漢而執之可覺電氣傳過震動

第一百三十二圖

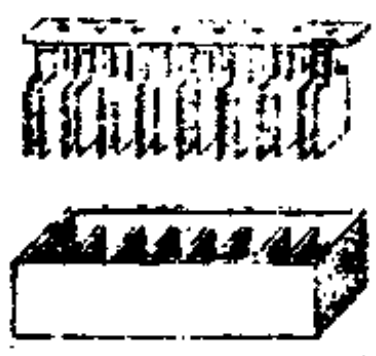


二克羅克山克器如第一百三十三圖用銅片與鋅片成對連於木條而置於箱內故箱內或用淡硫強水或用銅義硫養水易換易添

第一百三十三圖

三巴丙登之器如第一百三十四圖用銅片與鋅片約方四寸成對而有一點銲連常用瓦箱分為十腔或十二腔各片共連於木條兩使每對騎於箱之隔板故提起與放下皆易連各片用極乾之木條而上漆使難傳電氣常用數箱相連其常換者各片之能否電氣及相連之次第者一片有誤則力減小也

第一百三十四圖



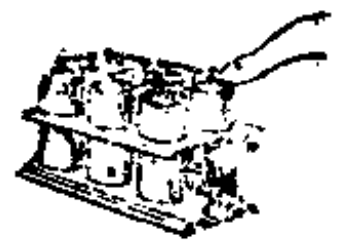
四胡拉司登之器如第一百三十五圖銅板對鋅板之兩面申為連板之木條乙乙乙為鋅板丙丙丙為銅

板用木或軟木在銅板梓板間使不相切作十箱或十二箱其電氣力大

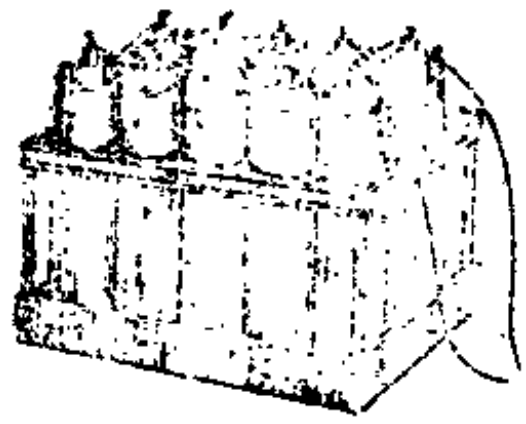
第一百三十五圖

五但尼之器小者如第一百三十六圖大者如第一百三十七圖小者第高六寸徑三寸半用三十第已有大力大者用七十第將傳電氣之二銅絲端連尖炭塊則二尖炭相近之時所成之火能鎔鉑條方八分寸之一者又能多鎔鋅與鉛與鐵今時各大電報館內多用此器同治元年博物院內里德公司之此器式甚整齊用玻璃箱內有五隔板分爲六膛箱與隔板整塊而成每膛內用生瓦板分隔爲二二邊與下邊用灰相連於玻璃鋅片銅片成對相連騎於玻璃隔板各膛相間盛銅養硫養水與淡硫強水此箱堅固易於搬運惟瓦板若壞難於重換耳

第一百三十六圖

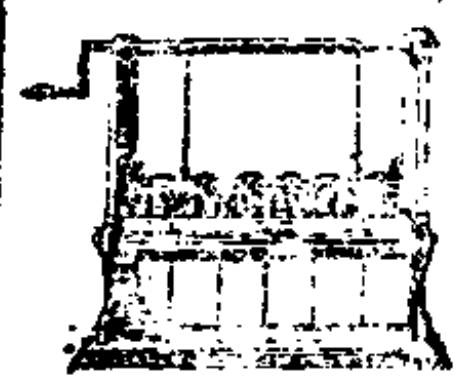


第一百三十七圖

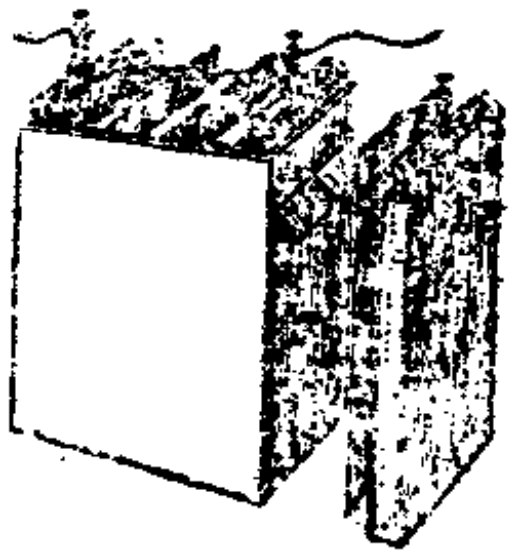


六司米之器如第一百三十八圖用六第上用軸與搖柄將片起落十第至十二第者力已頗大用時慎勿使銅鉛等金類之雜質入強水內恐結於銅片也同治元年博物院內有對也所造之此器鋅片易於取換而洗淨鋅片下端浸於汞杯內則鋅片能常濕汞而以紅銅條入此汞內連鋅片與鍍鉑之銀片紅銅條不切汞之處外包象皮鋅片常含汞而不甚消化故暫用與用時甚久其力亦不改胡勒哈作之司米器用炭精代鍍鉑之銀片近時炭精亦鍍鉑使輕氣更易放而多免減力之弊且不易污鍍鉑價甚廉戥長七寸闊三寸之片需錢十文而已七顯路之器四膛者如第一百三十九圖剖面形如第一

第一百三十八圖



第一百三十九圖



第一百四十圖

百四十圖甲爲曲鋅片乙爲鉑片入生瓦器內丙亦爲鉑片用螺釘在甲點連於鋅片

試此器之五膛者鉑片之面積共四平方尺用淡强水一分時能化分水成輕氣與養氣一百十五方寸又試五十膛者鉑片闊二寸長四寸用炭尖成電氣火長一寸又四分之一能使數種金類燒而散用又試一百膛者炭尖之火極大目不能視大鐵絲長二尺者能至白熱而鎔傳過銻硫能化分而燒甚光亮

八賈蘭之器用生鐵與鋅司脫成初言其法賈蘭仿之而作極大者自古發化電氣器未有大於此者也用生鐵代銅有生鐵筩三百筩內有瓦筩瓦筩內盛鋅板方四寸再有生鐵筩一百十筩內有瓦筩瓦筩內盛鋅板長六寸闊四寸再有生鐵筩一百七十七筩內有瓦筩瓦筩盛鋅板方六寸共生鐵筩五百七十七共面積二百方尺鋅板之面積九十九方尺各生鐵筩內盛濃硝强水十二分濃硫强水十一分半各瓦筩內盛硫强水五分硝强水二分水四十五分共用硝强水四十軋倫硫强水十六軋倫

此器之力甚大試時用極大之火雞在二翅下拔去其毛將二錫箔各方四寸安其處用淡强水濕之捉雞之人手內覩甚厚之呢以免受電氣將雞之二翅夾於其邊備好之後電氣線一連火雞即死觀其腹內胃已碟裂

以紅銅絲自負極一端連於黃銅圈再以紅銅線自圈連於正極電氣一傳即有大光將電氣線漸漸離開銅圈則線與圈之中成光弧長約五寸

强水浸鐵之變 第一百一節

鐵絲浸於以水較重一三五之硝强水內即被硝强水消化甚速若連於金或鉑則不能消化內將鉑或金在硝强水與鐵一切而即取出鐵亦不能消化另將鐵或鋅切之則鐵再能消化鐵絲加熱浸入硝强水亦不消化鐵絲一端在酒燈火加熱至半段變藍色冷而浸於硝强水內則未熱之半段速消化加熱之半段不消化此皆侯什勒試知也

以能消化之鐵絲與不能消化之鐵絲同浸於盛硝强水之玻璃杯內上端各出水而相切則不能消化之鐵絲亦能消化若在硝强水內相切則能消化之鐵絲亦不能消化再有能消化之鐵絲與此二鐵絲亦即不能消化再加鐵絲亦類推各鐵絲若自硝强水內取出擦淨再浸入即能消化如前法浸入即不消化

以鐵絲連於鉑絲浸於消化銅養淡養之硝强水內則不變色若浸入之後速取去鉑絲則立有銅結於鐵面若待

一小時之久而取出鉑絲仍留於鐵絲水內久而取出面仍光無銅

以不消化之長鐵絲浸於硝强水與尋常鐵絲鑄成叉形者相切則叉形者亦不消化取去長鐵絲叉形者仍不消化另用尋常鐵絲切之立即消化

以銅絲一條一端連於測器之極一端浸入硝强水杯內以尋常鐵絲一條一端連於測器之他極一端亦入硝强水杯內鐵絲不消化測器之針不偏另將尋常鐵絲或鋅絲與其鐵絲相切則鐵絲立消化測器之針偏甚速或用不消化之鐵絲代鉑絲亦相同

用數杯滿盛硝强水以鉑絲與鐵絲相連而依前法連測器則各杯內之鐵絲不消化再以尋常鐵絲入强水內與鐵絲相切各杯之鐵絲速即消化測器之針偏甚速

司根比作發電氣器用鋅與不消化之鐵又作一器用消化之鐵與不消化之鐵俱依顯路之法據云力甚大惟不合用

水發電氣器 第一百二節

用銅板鋅板依百對相間排列於箱之各膛內膛內各盛清水能發極濃之電氣與摩電氣略同若傳至多連來頓瓶之內外皮則少填而容電氣自來頓瓶略能連發電氣不絕

顯路用銅板鋅板二千四百對慎使不通於地將兩極點連於多連來頓瓶之內外錫箔能連放電氣每放一次有天聲力能打穿紙能鎔錫箔與鉑絲

賈西河得用紅銅管與鋅管三千五百二十對盛於玻璃器內器外有一層辣克漆雖慎使不通地其電氣亦有洩去要之用此難免其電氣之通地賈西河得於道光二十年試此器用銅絲連其銅鋅二管於雙顯器如第一百四十一圖甲乙而取去增電氣板如已金箔能張開試其連於銅管之乙板有正電氣連於鋅管之甲板有負電氣甲板或通地或不通地亦俱相同如有附電氣則乙顯電氣之金箔即張如切其乙器後自甲離開則乙容異性之電氣

第一百四十一圖

發電氣器之銅絲雖未連已各有對極之性故銅絲之端各距顯器二三寸其金箔亦能張開或兩端之外管各距顯器二三寸亦相同又兩銅絲端相距五分寸之一能發光星兩銅絲端若連於雙顯器則甲乙二板相近之時連發光星如流火有一次連發三十五日不熄人立於地而

手指切於極亦能發光星

後試電氣傳過銅線之力用一百六十節相連慎勿使不通地其八十節安於第一盆上又八十節安於第二盆上再用極細之測器一極連於第一盆之鋅一極連於第二盆之銅針無偏差又用生紙浸於鉀碘水連於電氣之路絕不覺化分可知各節內之質亦絕不化分又靜電氣力或與化分不相關又在其前

又以紅銅絲連於發電氣器之負極與雙顯器之甲板再將鉑絲連於發電氣器之正極而切於浸過鉀碘水之生紙再將鉑絲切於此紙而連於雙顯器之乙板另用法使甲乙二板相近或相遠二板遠至每秒過一電氣星則測器之針稍動二板更近則放電氣星速而針即偏鉀碘化分可知發電氣器各節內有化分又知所傳過者是濃電氣放多次而各次極速後用三百二十節慎勿使通別物則銅絲未連之時不見化分而電氣之濃能附過百分寸之一空氣而成電氣星

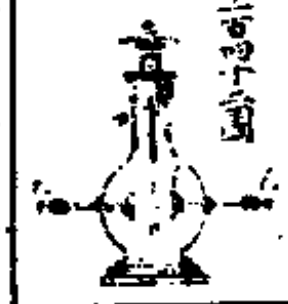
買西河得試此器得六例各節之銅絲未連已有對極之性一也用節多對則電氣濃而銅絲端不相切能有光星附過空氣二也各節之銅絲未連已有靜電氣與銅絲相連與否及與能化分皆無相關三也傳過之電氣略為多

次放濃電氣而各次極速遠至無窮四也所發之電氣自淡漸濃可測漸濃之時五也所能現之靜電氣為化分或化合之初基之據六也

發電氣節之二極未連時已有濃電氣第一百三節

道光二十四年美國李里差特用顯器試化電氣器一節之二極未相切時已有濃電氣如第一百四十二圖甲為玻璃瓶頸敷辣克漆乙乙為二紅銅絲過玻璃管與軟木塞丁丁為鍍金之圓板徑約二寸連於銅絲已為銅板在玻璃管之頂銅板下連銅絲入於玻璃管之內銅絲下端連金箔條如丑丁丁二圓板必配準使金箔在正中次在乙點連銅絲至硝強水發電氣器之鉑片在乙連銅絲至鋅片將其發電氣器置於辣克板之上而以玻璃條磨擦而漸近於已板則金箔向乙圓板而引即連至鋅片之圓板也又將松香條摩擦而近已板則金箔向乙圓板而引即連至鉑片之圓板也

第一百四十二圖



次發電氣器第一百四節

用濕生紙一張安於玻璃片上以發電氣器之一銅絲切於紙之一端而又一銅絲切於紙之又一端則紙有對極之性而切於發電氣器正極者容正電氣切於負極者容

負電氣將二銅絲移去而紙不離玻璃片亦不使通地則能久存此性弗打初見此事甲脫因此而思作次發電氣器用金類與濕布之圓塊相間疊成一堆二端連於發化電氣二極之銅絲能容電氣與前紙相同二銅絲移去之後堆之二端能發電氣與原發電氣器相同久而電氣始散又用多鉑片或鉛片以發電氣器之電氣傳過而斷之亦暫能發電氣又用鉑片二塊浸於淡水或淡強水內而以發電氣器之電氣傳過而斷之後鉑片亦能發電氣因正負鉑片之面黏輕氣與養氣一薄皮也欲徵之可將其連於正極之鉑片放於刻分度而盛輕氣之筩內他鉑片放於刻分度盛養氣之筩內二筩之氣必漸不見輕氣之不見速於養氣之不見爲二與一比又法將二鉑片各連于測器一安於輕氣內一安於養氣內速取出速浸于水內測器之針能偏可知有電氣也自輕氣內取出之銅板有電氣傳過水至養氣內取出之鉑板也

法國人不蘭脫作次發電氣器力甚大據云用鉛片爲之電氣之動力爲鍍鉑之鉑片二倍半爲未鍍之鉑片六倍因鉛養與輕氣之愛力極大也得辣弗初見其造法以鉛板二大塊共面十方枚相疊而中夾粗布分隔捲之浸於水十分硫强水一分之內用本生小發電氣器五件其每件之鉑片浸入强水內百分板之七連於鉛捲數分時而斷之鉛捲能發極濃之光星此器之理略同增電氣器意能收聚原電氣器多時之力而於一霎時現也

獨用本生之器必有三百筩高百分板之十三者（即常尺十者）合成四副至五副各副有三平方板半之而或三副而面積更大其所發之電氣僅等於前之次發電氣器次發電氣器專欲發濃電氣則其件數與原發電氣器之件數必相配如次發電氣器有五件必用本生之器十五件惟尺寸可小也

鉛皮易鑿造之不難用甚薄者則容積小面積可大不蘭脫所用九件之器每件盛於方百分板之三十六之箱內盛水一次不必再加每箱盛於瓶內蓋密以備立刻可用欲用小力之原發電氣器而發大力之電氣必用此器押可皮巳用次發電氣器於電報

氣發電氣器 第一百五節

顧路見次發電氣器之法仿其意而用氣質新式發電氣器用鍍鉑之鉑片闊四分寸之一共五十對安於玻璃管內各管相間盛輕氣與養氣倒覆於玻璃杯內如第一百四十三圖杯內盛淡硫强水以水較重一三其所發之電氣傳過五人相連之手俱能覺之獨傳一人之手人身覺

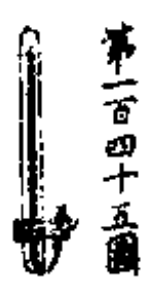
第一百四十三圖

痛若獨傳過測器則針偏至六十度加傳一人則針偏四十度加傳二人針僅稍偏獨傳過炭尖則日間能見甚光亮之火星用四鉑片而傳過鉀碘輕碘俱能化分用三十六鉑片而傳過淡硫强水則能使其水化分成二氣收之可燒發氣之方向同於化學之理輕氣在此養氣在彼傳過金箔顯器能使張合

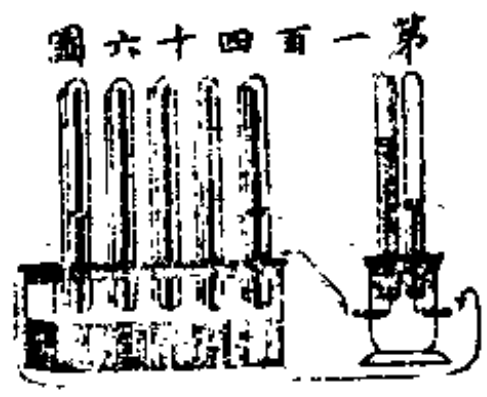
電氣

嘗用空氣或用炭養與淡氣或用養氣與淡氣若不發顯路後設一法可不換水而試各氣如第一百四十四圖第一百四十五圖乙丙丁戊爲長方玻璃箱或鐵箱其管插於木板甲乙丙丁易於取出甲甲空處手指可放入按塞管口而移出鉑片在管口彎向上連於螺絲五管合成之器如第一百四十六圖內盛養氣與輕氣而連於化分水之器又用

第一百四十四圖



第一百四十五圖



第一百四十六圖

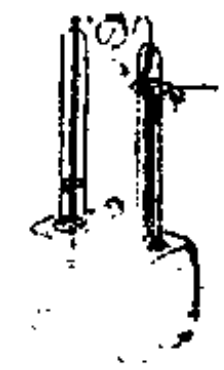
五十管各管內水升之數略等而化分水之器水降之數與每管水降之數亦相等化分水之器內養氣輕氣與常式之器同又用十管試各種氣質所得者如左

養氣與淡養氣	鉀碘不化分
養氣與淡養氣	鉀碘稍化分而遠停
養氣與炭輕氣	力小而耐久
養氣與炭養氣	鉀碘化分易見水稍能化分
養氣與綠氣	初時稍有力過二十四小時即無
綠氣與淡硫强水	初時稍有力過二十四小時即無
綠氣與輕氣	力大用二管水能化分
綠氣與炭養氣	用十管水能化分
綠氣炭輕氣	力小

顯路依顯羅得斯之理而論氣發電氣之理云電氣傳過之時第一管內水中輕氣之質點化分與管內養氣化合而養氣質點則放出至第二管內與輕氣質點化合各管相同至末管獨有養氣之質點與輕氣之質點化合也或設自輕氣之管起亦同

顯路後設之器如第一百四十七圖空氣不能亂電氣用養氣與淡養能平勻曾將燐在淡氣管而爲第二管內之養氣燒成燐養質此事甚奇因所燒之定質不能鎔不傳

第一百四十七圖



電氣又有連發電氣而有燒之質養氣相距遠而又有水及

中用有杯小鐵箍燒

能發電氣而測器之

又試樟腦松香油桂

試以硫黃盛於小杯置於淡

燒熱套於管外加熱如甲硫

針偏動硫若銘若干時針偏

皮油酒精以脫等亦甚趣

第二章論化電氣之力

發電氣單器與多連之理 第一百六節

用大板成發電氣單器所發電氣之數甚多而淡不能勝大阻力電氣數多少依板面積之大小與金類與養氣愛力之大小及金類與養氣合成之質移去之速遲也化電氣器雖極小者其電氣之數較諸尋常之摩電氣器已大至無窮法辣待曾作極小之化電氣器用鉑絲鋅絲徑各十八分寸之一相距十六分寸之五安於小玻璃管內管內盛水深四寸加濃硫強水一滴將兩絲浸入水中八分寸之五熱約六十度兩端用銅絲徑十八分寸之一長十八尺連之在一百五十分分時之八內所發電氣之數同於十五來頓瓶每瓶有兩面加錫箔之玻璃面一百八十方尺者容五十寸徑之玻璃片摩電氣器轉三十次所發電氣之數

發電氣單器不必僅用相對之兩板可將大板分為數小板各安於不相傳之器內各器用相同之強水小板各對之相距同於大板之各對而各鋅板總連一銅絲各銅板總連另一銅絲則發電氣之數相同

將紅銅板與搽透水銀之鋅板各方四寸同浸于淡硫水內相距一寸用粗銅絲連之數分時之後鋅面消去鋅若干鉑面發出輕氣若干再將二板各分為四條每條闊一寸長四寸成對而浸于四器之內器內用之強水及各板之相距俱與前相同用各鉑片總連于一粗銅絲各鋅板總連于又一銅絲則與前同時中銷去之鋅及鉑面發之輕氣亦皆必與前同數可知四對板亦為單器也

四對板若不以此法相連而首對之鉑板連于二對之鋅板二對之鉑板連于三對之鋅板末對之鉑板連于首對之鋅板則消去之鋅發出之輕氣與前仍相同惟電氣之動力則四倍於前而器內之阻力亦加大前法電氣傳過水闊四寸厚一寸此法電氣傳過水闊一寸四層共厚四寸惟其電氣之動力加大故電氣之數雖與單器者之相同而電氣之濃即能勝阻力之力則加大所謂電氣之

濃與板數有比也此名爲多連之器

電氣動力電氣阻力電氣傳行電氣數電氣濃之解

第一百七節

電氣動力者發電氣器以所發之電氣自此傳行至彼所程之功也測動力之法使若干電氣自此傳行至彼而以其程得之功計之所程之功無論屬於重學化學熱學俱與電氣動力之平方有比又與現動力之時有比又與傳電氣物之阻力有比

電氣阻力者傳電氣物阻電氣使在某時內程功不能多於某數傳電氣物之阻力與兩端所加電氣動力之程功有反比

電氣傳行者多連發電氣器之兩極點能傳電氣物所有成事之源如能使近處之吸鐵器受力又能化分雜質又能使近處能傳電氣體相引或相推時有電氣傳過

電氣數者容電氣之物能使恒相距之別物受力在各物不同如二體有恒相距二體間有空氣其電氣增大則在任點之電氣數與能附過空氣使恒相距之物受力有比設有二物容電氣數若干二物相合則其合體容電氣數爲原二數之和

右所言電氣動力電氣阻力電氣傳行電氣數之解係馬

客斯回辣與秦京之說英國人克辣克云常言電氣濃之意有二不同之性爲電氣動力並電氣能力電氣數也電氣最奇之性如化分水質鹽類焚燒金類使顯器之針偏使鐵有吸鐵力使動物震動等所現之大小俱依所傳過電氣之數如電氣加濃所現亦更大然所現之更大非因加濃而仍因某時內傳過之電氣數之加多也將粗銅絲繞數轉成測電氣器而受發電氣器一件或受六件或百件之力各件同大者則其針之偏相同因此銅絲能傳一件之電氣則亦一百件之電氣若用極細銅絲繞數千轉成測電氣器亦同因板之面積雖大而銅絲能傳電氣之力不大故所傳過之電氣數相同無論用何種發電氣器其偏數依所傳過之電氣數而不在電氣濃

燒紅金類絲依電氣數而不依電氣濃如用發電氣器一件能燒紅若干長之鉑絲則加二件或三件能燒紅之鉑絲必長二倍或三倍鉑絲雖長所傳過之電氣數相同而濃相同則法辣待所言燒一寸金類絲之電氣數能燒一尺亦燒一里即此理也

發電氣器板大而僅二三件雖能鎔鉑絲但不能使人覺振動因電氣數雖多而淡也發電氣器小板而多件能使人身大振動或不能鎔鉑絲因電氣雖濃而數少也

縮小電氣之濃則有發熱電氣燒金類絲或電氣火成弧極大之熱並發電氣星之大熱大光眞因縮小其濃而發也發熱之數與若干路中所縮小電氣濃有比又與所傳過之電氣數有比

俄未所設之理電氣力之例第一百八節

發電氣器內變化而發之電氣在器外不能得電氣之全數所得電氣之數等於電氣動力之和以傳電氣物阻力約之之數令已爲電氣實有之動力即能發熱或吸鐵力或化分之力戊爲電氣之原動力未爲銅絲與水之阻力則未戊乙

傳電氣物與電氣數之各相關俄未以算學之法考之甚詳其所設之各式但尼里與韋思敦等証之故後所考得之電氣動力俱以俄未所設之式爲本

發電氣器件數增多則電氣之濃增而電氣之動力亦增而傳電氣物之阻力亦增故傳電氣銅絲之徑加大則所得之事相同即電氣動力與阻力之加其數相同即甲未戊乙

未爲銅絲之阻力與器外流質氣內流質與金類之阻力板之面積愈加則阻力愈減銅絲之阻力與其長有正比與其橫剖面有反比

未爲全阻力乙爲發電氣器之阻力戊爲銅絲之阻力若全傳電氣物無別物阻電氣則式爲未乙與板之相距有正比命相距爲下又乙與板之面積有反比命面積爲申則未戊與銅絲之長有正比命銅絲之長爲丑又戊與橫剖面積有反比命橫剖面積爲卑則丑式內將此二數代戊與乙則中丑卑戊

故欲增電氣動力有四法其一增銅絲之徑其二減銅絲之長其三增板之面積或減板相距其四增發電氣器之力

由上式能推算改銅絲之長或徑及改板之尺寸與相距所有電氣力之變以銅絲之料及發電氣器之料皆不改也銅絲或器之料有改必用別元代之其元必實測而得如所用流質之阻力爲甲所用銅絲之阻力爲實則甲丑卑戊

金類之阻力與能傳電氣有反比焉生定各金類之數爲最新如左表

淨金類質	能傳電氣之力		銀熱至三十二度等於一百	熱至二百十二度能傳電氣之力	
銀 抽成絲而硬	熱至二十度	一〇〇·〇〇	熱至三百十二度	一〇〇·〇〇	七一·五六
紅銅 抽成絲而硬	九九·九五	七〇·二七	九八·二〇	七〇·三〇	二八·四四

金	拉成絲	硬	拉成絲	硬
鋅	二九·〇二	二七·九六	二八·八九	二七·二一
銅	二三·七二	一六·七七	二三·四四	七〇·七〇
鉛	一七·二二			
鐵	一六·八一			
鎳	一三·二一			
錫	一二·三六	八·六七	一二·二二	七〇·二一
鉛	九·一六			六八·五八
鉛	八·三二	五·八六	八·一八	七〇·九三
鉀	四·七六	三·三三	四·六五	六九·八八
	四·六二	三·三六	四·五五	七〇·五四
鉍	一·二四五	〇·八七八	一·二二七	七〇·五一

二·八三〇	二·七〇	二·八·七七	二·九·三〇	二·八·三〇
二·九·六九	二·九·四六	三·〇·一二	二·九·六九	二·九·六九

由表可知用鐵絲傳電氣則減電氣之力多於紅銅絲故用鐵絲傳電氣數若干而欲傳電氣數與用銅絲相同則鐵絲之橫剖面積與銅絲之橫剖面積必有九十九·九五與十六·八一之比略大六倍用圓絲者鐵絲之徑必爲銅絲之徑二倍半

俄末多逊之器之理 第一百九節

發電氣器之件數增多能使電氣之動力增大故電氣之全動力與件數有比此爲各件相等者以卯爲件數戊爲每件之力則電氣全動力爲卯乘戊之積惟電氣全動力雖有卯倍而阻力亦增卯倍因電氣必傳過各件丙之水故電氣全動力不能有卯倍而其式爲

$$\frac{\text{卯戊}}{\text{丙}}$$

已知一件之動力及傳電氣銅絲之長則用此可求得全器之動力從此得三例

一例電氣之全動力與件數及各金類暨流質阻力之性有比與尺寸無干

二例一件之阻力與水流二板之相距有比又與流質阻力之性有比又與板之切水面積有反比

三例銅絲之阻力與銅絲之長有比與阻力之性亦有比與橫剖面積有反比

傳電氣之金類絲各處大小不同或用不同之金類數段相連而成則能傳電氣依小者之數凡電氣傳過金類絲或流質之阻力以定數爲元而定之常以某徑某長之銅絲爲元使諸傳電氣物之阻力皆以配此銅絲之某長命之設傳電氣物之長爲丑傳電氣之阻力爲丙橫剖面積爲申當配銅絲之長爲丑銅絲傳電氣之阻力爲丙橫剖面爲申則動力之式爲

$$\frac{\text{丑丙申}}{\text{又丑丙}}$$

因傳電氣質之阻力與爲元之質傳電氣之阻力必相等

則得式爲卯

卯

韋思敦測阻力之器第一百十節

韋思敦所設測阻力之器如第一百四十八圖能測諸金類與爲元之金類阻力之相去

造器之法用紅木板如卯甲巳丙下有螺絲爲足螺絲能轉旋高低使板合地平四邊之中各有螺絲下連藏於板面槽內之大銅絲物物物而成卯甲巳丙平行邊形卯丙卯甲二銅絲各在距卯點相等之處分斷其端另連於螺絲申申申申巳甲巳丙二銅絲亦同法分斷其端亦另連於螺絲未未未未銅絲之中有測器其針用生絲挂之在銅絲之上圈下連圓板

圓板在立軸之能轉動圓上有刻分度之紙可見針之偏數紙之九十度處用灰連托刻石使針不亂動

用銅絲連絲銅圈之兩端於丙甲二螺絲銅絲之長足使紙與圈爲柄轉動使紙之○度對吸鐵之徑線人爲司米或但尼里發電氣器之一件一極連於卯螺一極先傳過電氣閘辛而連至巳螺絲

用器之法銅絲物物在未未申申不斷則辛閘相切之時電氣自人傳至卯卯分歧而自卯甲巳卯丙巳二銅絲傳行因其阻力相等故必各分傳電氣之半至巳螺絲而相合而回發電氣器人

設在卯點電氣之濃爲十而在巳點爲一則在甲與丙二點必各爲五而二邊相等故甲與丙間無電氣傳過而測器之針不動若在申申二點之間加一英里長銅絲之阻力而在申申二點之間亦加相等之阻力則仍必各分傳電氣之半惟在卯與申卯與申各點電氣更濃而在丙點與甲點則更淡甲丙二點電氣之濃相等故自甲與丙間亦無電氣傳過而測器之針亦不動在申申二點所加之阻力若或大或小於申申二點所加之阻力則卯甲巳與卯丙巳兩邊不能各分傳卯點電氣之半而甲丙二電氣之濃不相等故甲與丙間必有電氣傳過而測器之針必偏觀其偏向何邊即知何邊之阻力大也

器之功用卯甲巳與卯丙巳在卯與巳相合故此二傳電

氣線之濃必相同雖傳電氣之阻力與電氣之濃有改變亦仍同故得阻力比爲卯甲與甲己比若卯丙與丙己比如此則甲與丙電氣之濃必相等則甲丙二點間無有電氣傳過測器之針不偏

欲求傳電氣線或他物之阻力可連於器之一邊而在他邊累連已知阻力之器至測器之針不偏而止即知二邊之阻力相等自己知之阻力可知此邊之物之阻力

已知阻力之器有二種一名立何司搭得小阻力用之一名阻力圈大阻力用之二器俱是韋思敦所設今時常用此器測海內電報銅絲繩之阻力

第一百十一節

立何司塔得與阻力圈

日耳曼與法蘭西之電氣學家試俄末之理時先不加外阻力而觀測器針之偏後加已知阻力之器而試之韋思敦之法則不用不改變之阻力而用改變之阻力使二邊之力相定自針之二差間所加之阻力則知路內電氣動力與阻力

其器名立何司塔得如第一百四十九圖如第一百五十圖用二管第一爲木者外刻螺絲槽而繞極細甚長之銅絲第二爲黃銅者有柄可搖而繞木管之銅絲銅絲在木管則電氣必全傳過各圈以有槽所隔也銅絲在銅管則電氣直傳至管而不傳過各圈所以木管外所繞銅絲之長可測阻力之數管長六寸徑一寸半螺絲槽以四十轉爲一寸用紅銅絲徑一百分寸之一有針可指轉開之圈數軸上又有針可指幾分圈之一

第一百四十九圖

阻力圈所以測大阻力之用如電報之長銅絲或難傳電氣之流質而用包極小之銅絲圈絲徑約二百分寸之一有二圈銅絲長五十尺又有八圈銅絲長一百二百四百至八百尺各圈之兩端連於短之大銅絲大銅絲連於管之面使各圈能連成一圈各圈之而有雙黃銅簧能繞而轉動則端或切大銅絲之端而能傳電氣或移開而切於木上切於木之時電氣必傳過圈切於大銅絲則電氣傳過簧矣有圈之阻力各簧切於大銅絲則無各圈之阻力若將其簧轉之則某可傳電氣而能加阻力自五十尺至一千六百尺

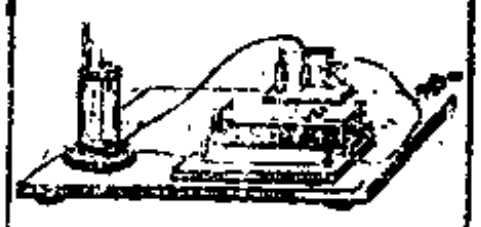
韋思敦測小阻力用管長十寸半徑三寸又四分寸之一管外繞紅銅絲一百八轉徑十六分寸之一將管轉動則各處可連於傳電氣之物

韋思敦推算全電氣路內電氣動力和之法凡二路發相

等電氣動力則電氣動力之和以阻力之和約之得數爲常數即 $\frac{未戊}{卯卯}$ 如未與戊依比例加或減則已知之數自不變故知同力兩循環路阻力之比即能知電氣動力之比但有時難定全阻力因全阻力內有發電氣器與測電氣器之阻力等也故設下簡法將第一路已知之阻力與已知之數味相加即得 $\frac{味}{未戊}$ 如欲令第二路之力等於此力則必將所加之阻力與成電氣動力及原阻力之乘數相乘得 $\frac{味卯未戊}{未戊卯}$ 因已知所加阻力未與味長之比例故自此能得電氣動力之數

假如有但尼里銅養硫養器一件欲與二件相比電氣動力則將立何斯塔得與測器如第一百五十圖連之再或轉開或轉緊銅絲至得測器之針在四十五度再將絲轉開至得四十度所有之轉數即發電氣器之電氣動力設爲三十五轉再將但尼里器二件以同法轉之至亦得四十度若爲七十轉則二倍於前而兩者之電氣動力有一與二之比如將但尼里器二件連成發電氣單器則阻力必更大先

第一百五十圖



使測器之針至四十五度而轉動之使減至四十度則轉數必與一件相同加板之尺寸電氣之動力不加也

白客刑設一器能免韋思敦器轉開轉緊之不便如第一百五十一圖以銅絲於不傳電氣之管有小輪物在刻分度之桿甲甲之外能移動而能任切某數圈之銅絲氣管轉動之時小輪移於桿又可用手將桿推開而使小輪可任移至切某圈以免多轉其柄

第一百五十一圖

阻力之元數 第一百十二節

韋思敦設阻力之元數以紅銅絲長一尺重一英釐爲準法利設阻力之元數以第十六號紅銅絲長一英里爲準此種常用作埋於地內之電報線今時測阻力之圈常用白銅絲欲其天時冷熱阻力不甚改變也同治元年博物院內有西門子與哈司格之阻力圈其元數以氷界熱之水銀柱徑千分枚之一爲準又有別人所造之圈阻力等於鐵絲長一千枚徑千分枚之四者此種爲西國常用之電報線馬底孫作圈等於最純紅銅絲長一英里徑十六分寸之一熱百分表十五五度之阻力大不同于常買之紅銅絲長一英里徑十六分寸之一之阻力因常買之紅銅絲阻力各不同不能與純紅銅有定相比常作電報之銅絲之阻力大於純紅銅之

阻力十分之二也

徹巴與湯生吸鐵測電氣器 第一百十三圖

各國之人皆能同用一測阻力之元數則益處甚大徹巴與湯生二人設法能指各種電氣現力與程功之數將來現力與程功必相連也秦京論其大略如左

發電氣器有若干電氣動力則在若干時內傳過若干阻力之路必傳過若干數而現若干力而程若干功但各數之大小與比例徹巴曾試數法以定之最便之法用吸鐵器以若干電氣數傳傳過若干長之路而在若干相距能使若干吸鐵力之針受若干動力定以爲元其吸鐵極之元則專在體積與長與時之三事也

定電氣阻力之元數並別電氣之元數必依各電氣數之比例歷時體積路長而定之

徹巴與湯生之電氣吸鐵法其程功之各元數與電氣之主數有三式

㊀ 戊爲在酉時內所傳過未阻力體之電氣數即能程之功也時勒與湯生之式爲 未戌 ㊁ 戊爲電氣之動力俄末之式爲 酉戌 ㊂ 此式法辣待初得其據午爲在酉時內傳過之電氣數或減去之電氣數定各數之法以元數之電氣傳過元長之路必使吸鐵器元極在元相距現元力如不論吸鐵器則前言變成主之電氣數統主之而積之兩平圓面而行 立之平面彼此有正角之方向一循環路距第二循環路爲大遠數爲丁能使二在等於丁相距之倒立方之路而行動此比例能明徹巴所設之法連測電氣與吸鐵之數以一數爲主自以上四比例能明其未丙戊午四數而不論時與相距與體質主數外之別主數將未依各原指數化之則得未爲連數即長以時約之之數所以阻力數名之爲秒分之枚數或秒分之尺數同於重學內功力之指數乃重數與路長相乘者即尺數也

主數難用簡法使人易明秦京著主數之論自此可知能用連數測阻力數即用循環路之一分所必得之速能使所欲測有若干阻力之循環有若干電氣傳過之數秦京之論曰秒分之板之阻力者謂立鐵條長一枚移過有若干濃之吸鐵條面而與吸鐵力之線正交與本方向亦正交一秒時得一枚之連所有吸鐵電氣力能在有本阻力之路內在一秒時中所發之電氣如不程別功而在本路內現熱等於一秒板之功或依時勒所試之事其熱必能使水○○○○○二四○五格蘭末即法蘭得熱百分表之一度

電氣之各元數之彼此相比並與重學功力之元數相比則以發元數之電氣在元時內傳過元數阻力之路元長則所傳過之電氣爲元數所程之功爲元時內之元功而能在與吸鐵器有元相距現元數之力

徵巴求金類絲阻力之準數有二法

一用銅絲圈平轉而使與地球吸鐵經緯忽歇則圈內自能暫發之電氣傳過定圈而使吸鐵針忽動可自動過之度數測其每秒之動數

暫發之電氣所傳過之電氣亦暫而發電氣之全數在動圈之大小並地球吸鐵力之濃淡其傳過電氣之全數以吸鐵針之動數測之吸鐵針之動數以動過之度測之以所傳過之電氣數約所發之電氣數即得二圈之共阻力

二用大力吸鐵器在銅絲圈中搖動遂以電氣其銅絲則發吸鐵力而減吸鐵器之搖動將傳電氣時搖動所減小之速與斷電氣時搖動之速相比即知路之阻力

英國博物會所定電氣阻力之元數第一百十四節

英國馬客司韋勒司斗亞特泰京試測電氣阻力之時用湯生所設之器又觀吸鐵針之偏依電氣吸鐵之測法所得之數能定圈之阻力

用銅絲壓與地面平行含常速而轉電氣恆自東而西傳過圈內之鋼絲惟圈恆旋轉故圈端每過東西方向則在鋼絲內傳行之方向迭更相反

將吸鐵針挂於圈中必爲圈所吸動而偏所偏之方向必合圈轉之方向惟令針偏之力其大小與方向恆改變因其時小故加吸鐵針周圍之物之體積可使其搖動而至不能見設知圈之尺寸與動速與吸鐵針之偏數則能知圈之阻力因地球吸鐵氣之濃與測得電氣之數及發得電氣之數有相關而阻力之數即此二數之較也

欲究此器之造法用法所得之各數必觀同治元年英國博物會論此器之書會中測電氣阻力之器用鉑與銀合成依徵巴之法爲千萬秒枚與西門子所作水銀法略同亦甚便於用又略同於十六號不純之紅銅絲長二十分英里之一之阻力有言此元數必爲自然之元數不必稱爲秒枚數須另立記號如乙甲數是也後人能設更便自然之新元數則此數亦不必改變祇將此數用倍數乘之可變得新元數也

第三章論化電氣化分之力

化電氣化分之始第一百十五節

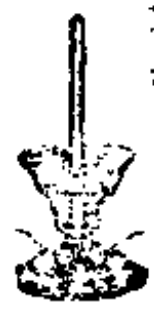
嘉慶五年梨果生與賈來勒考化電氣能化分物質初以水試之十一年兒飛著書論電氣化分之力十二年始能

化分硫酸過九十一年至二十年法辣待考電氣化分而得多理

以化電氣傳過清水或數鹽類水即化分而放其原質水能化分放其養氣與輕氣鹽類能化分而放其酸類與鹼類而養氣與酸質現於正極輕氣與鹼質現於負極極清淨之水難化分雖傳電氣也加少許硫強水則易傳電氣而電氣力不甚大亦能化分矣

化分酸水之器如第一百五十二圖用有底玻璃管管內盛酸水另用玻璃杯底通兩金片或鉑片如兩片相距約四分寸之一杯內亦盛淡強水將管倒覆罩於鉑片上而鉑片之外各連於發電氣器之線則水化分成二氣而浮上至管底如用二管各罩於鉑片上則在負電氣極鉑片者收養氣輕氣之體積為養者收輕氣在正電氣極鉑片者收養氣輕氣之體積為養氣體積二倍有餘依化學之理水內輕氣與養氣之體積恰有二與一之比此所得輕氣二倍有餘者因養氣幾分消化於水中也

第一百五十二圖



化分鹽類質有數法

一將鈉養硫養少許消化於水加少許藍色菜之水（西名里低）盛於矩曲管內如第一百五十三圖管之二口各有鉑絲連至電氣之二極不久而連於正極之水變紅色連於負極之水變綠色知酸質向正極而鹼質向負極也反換其正負二極色亦漸換此為極簡之法又法用二管分安於二杯內管內各有鉑片或鉑絲杯與管皆盛有藍色之鹽類水二杯之間以彎管盛水連之如第一百五十四圖以電氣傳則已管內變紅而卯管內變綠久之而見鹽類內之本質自已管移至卯管而配質自卯管移至已管本管與配質皆以對面之方向行過彎管內而暫失其相對之性

第一百五十三圖

第一百五十四圖

二用玻璃箱內以生紙二三層分隔為二膛如第一百五十五圖兩膛各盛食鹽消化於水而加輕綠水及消化靛之硫強水數滴以電氣傳過二膛之水則連至正極之邊失色而連至負極之邊未變色如反換其電氣極則他邊之水亦失色失色之故因連正極之邊發綠氣連負極之邊發輕氣綠氣能漂白藍靛也

第一百五十五圖

三將極稀之小粉漿加輕綠水少許再加鉀碘水數滴盛於前器以電氣傳過則連正極之邊變藍色因有碘分出

碘與小粉化合成藍色也

四以食鹽水加鉀衰鐵水數滴盛於前器內兩膛各安鐵板一塊鐵板兩連至正負二極則連正極膛之水變深藍色因鐵與養氣化合而消化過鉀衰鐵而盛普魯士藍也

五以稍濃之銅養硫養水滿盛於前器之兩膛而各浸長鉑片連正負二極數秒之後連負極之鉑片而結紅銅皮一層連正極之鉑片無之再反其正負二極則鉑片面所結之紅銅皮漸不見而他鉑片又結紅銅皮一層以電氣化分含金類之質金類恒結於連負極之物也

嘉慶十一年兌飛報數種電氣化分物質之事於英國博物院茲錄其一款

用三玻璃杯以極細之鐵不灰木二條騎其口而連之如第一百五十六圖左杯盛鉀養硫養水右杯盛清水中杯盛淡之淡輕水用發電氣器一百五十件以負極通至左杯水內以正極通至右杯水內不至五分時清水杯內微有酸質二刻時之後舊水頗有酸味用鉀養淡養試其結成之質則知為硫強水惟此硫強水不先過淡輕水不能清水內而淡淡輕為猛性之鹼類也又用食鹽水代鉀養硫養水以同法試之則清水內有鹽強水又用鉀養淡養水則有硝強水又將負極通至右杯清水之內而中杯盛硫強水或鹽強水或硝強水正極通至左杯而盛鈣養或鉀養或鈉養或淡輕或鎂養為本質之鹽類水則鹼類亦過強水而至連於負極之清水內與強水過鹼相同

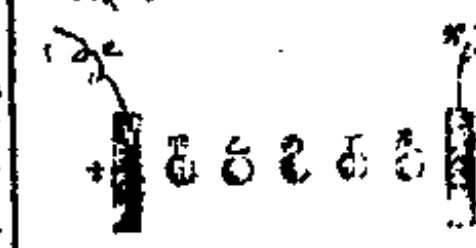
第一百五十六圖

兌飛佈傳此事見者詫異無能解其理僅能意為其有電氣傳過之時物質之愛力暫失必再至所引之極而仍復原性也

顧路脫司電氣化分物質之理 第一百十五甲節

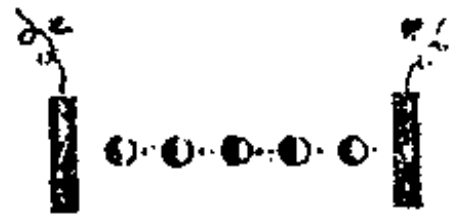
顧路脫司初論化電氣能化分物質之理曰二質化合者一質容正電氣一質容負電氣化電氣傳過二質化合而成之水其質自此極化分而至彼極而在化合如淡水內養氣與輕氣質點容正與負之電氣化合而相定養氣與負電氣有吸力輕氣與正電氣有吸力若以電氣傳過則傳電氣二極間水之負電氣質點往正極而正電氣質點往負極如第一百五十七甲圖甲乙丙戊各圈為水質點其黑半為負電氣質點即養氣其白半為正電氣質點即輕氣也正極面遇水質點甲則有附電氣使養氣受負電氣而移向正極又負極面遇水質點戊則附電氣使輕氣受正電氣而移向負極水質點之輕氣容正電氣亦有附

第一百五十七甲圖



電氣而水質點亦如此故甲傳至乙乙傳至丙丙傳至丁自丁傳至戊而二極面間之各質點皆成對極之性矣已成對極之性則各質點必放電氣與鄰質點而養氣即化分而隨之移過再與鄰質點化合如此逐點變化至遇正極面則無與化合而有養氣一質點分出成氣質發出負極面自必亦有輕氣一質點無與化合而成氣質發出如第一百五十七乙圖是也凡以電氣化分物質及前兌飛所試者俱可用此明其理凡有化分必有質點相連其二極面間皆如前之酸質過鹼類或鹼類過酸質而至清水必因不灰木之微絲吸力使鹽類行過至相連之器而使二極面相連也

第一百五十七乙圖



以水爲傳電氣之極第一百十六節

電氣傳過能化分之質至所分出之質點無別質點與之化合則化合必停而其質點乃結於傳電氣之極因獨有一質點與別質點不化合則亦不能化分也如不覺有電氣傳過而依分劑數與別不對性之原質相合則兩質點必分離一往連正極面一往連負極面故有一原質往一傳電氣面則必有他質往相對傳電氣面他質雖不現而不能見實必有之其傳電氣面任爲何性與化分不相關而與質點現之形有相關

法辣待曾試過空氣爲傳電氣之極前已言之見第三十六節又有簡法以水爲傳電氣之極可化分鎂養硫養用玻璃盆徑約四寸深約四寸如第一百五十八圖中隔雲母片如甲下邊距盆底二寸半左右二邊切盆邊而不漏水再用鉑片闊三寸放於雲母之一邊如乙下有玻璃一塊使之不動鉑片之面發氣不能過雲母而往他邊再將極濃鎂養硫養水漸漸傾入至稍高於雲母之下邊慎勿使器丙邊之玻璃與中雲母片之上有濕再將薄軟木一塊用蒸水濕之輕輕放於丙邊之水面以蒸水輕輕傾於軟木面上至鎂養硫養水之上有清水一層厚約八分寸之一待數分時如有鎂養硫養水黏於軟木自能沉下至軟木全浮於清水上再加清水至清水深一寸半而略齊於玻璃盆之口爲止平觀之易見二種水之分界則丙邊鎂養硫養在下而清水在上乙邊則全是鎂養硫

第一百五十八圖

養水鉑片如戊略平放於水面稍斜一端離水面以放所發之氣入水之面長三寸半闊一寸鉑片與鎂養硫養水間之清水約七方寸

右各物全備後以戊鉑片連於大力發電氣器之負極乙鉑片連於正極則戊片之面速發氣因中一隔淡水故化分慢於全是鎂養硫養水者待一分時之後平觀之見清水與鎂養硫養水相界之處有鎂養一層厚約四分寸之一甚清此鎂養僅至清水面而不至鉑面即以水為負極面也久之而所發之輕氣使清水稍動清水自中升而至周圍降鎂養水被鋅片所引上實不然也未濁之先所試者已甚明矣

原質自此極移至彼極之例 第一百十七節

原質自此極移至彼極如炭粉或硫黃粉與鉑銖或金方向而自此極移至彼極如炭粉或硫黃粉與鉑銖或金粉和勻於淡硫強水內以電氣傳過永不能至二極面愛力因雖分點極細能數小時浮於水中而不沉稍受力而極易勃然二質不相配而化合之愛力故竟不動也

化分銀綠可明原質在二極之中易行之理用銀絲為極面將銀綠少許置於玻璃加熱鎔之用二銀絲連于其兩邊以電氣傳過之則連負極之銀絲消去多銀而連正極之銀絲結成多銀將連負極之銀絲漸漸移開銀能隨銀絲而出成新銀絲長五六寸連正極之銀絲則為綠氣所消故必伸進與移出同速也此專用銀與綠氣二原質者欲其易明也

原質依正負電氣之性分類 第一百十八節

左各原質依正負電氣之性而分列之二列之內任何原質又皆與下各原質為負電氣與上各原質為正電氣如養氣與綠氣化合之質用電氣化分之則養氣至正極面綠氣至負極面綠氣與燐化合之質以電氣化分之則綠氣至正極面燐至負極面是也此所列之各金類未全試驗故次序容或有小差要亦無大誤也

一負電氣質

養硫硒淡弗綠溴碘燐鉀鎳鈣鎂鋇鍶鋰矽硼炭銻鉍鉻鈦

二正電氣質

鉀鈉鋰銀鎳鈣鎂鋁鈾錳鋅鐵鎳鈷鈣鉛錫鉍銅銀汞鉑金

電氣化分力之數 第一百十九節

法辣待考得各要事此其一也欲求各物電氣化分力之數當用一器以化分一物所用電氣為元數而元數以化分淡硫強水定之器式如第一百五十九圖名曰化分物

質測電氣器丁爲玻璃有底直管外刻度分乙乙爲二鉑絲穿入管內而與玻璃相連內端又連鉑片相連將管倒

第一百五十九圖

入雙口瓶之一口與口相切甚密雙口瓶內盛淡硫强水至半或三分之二將瓶斜迤而使淡硫强水流入管內之至滿再正立之管內之水仍可不出瓶之第二口有塞可取出之即以電氣傳過鉑片則管內發氣上升而水下降至管內氣滿即斷其電氣而將塞塞入再將瓶斜迤使管內氣出而水入至滿再以電氣傳過而同前管旁有分數可知化分氣之數以氣之數可知所用電氣之數又有一式如第一百六十圖欲久試而收多氣則最便其頂之曲管可引氣至收氣水盆中而通入刻分度管內以見其化分氣之數

第一百六十圖

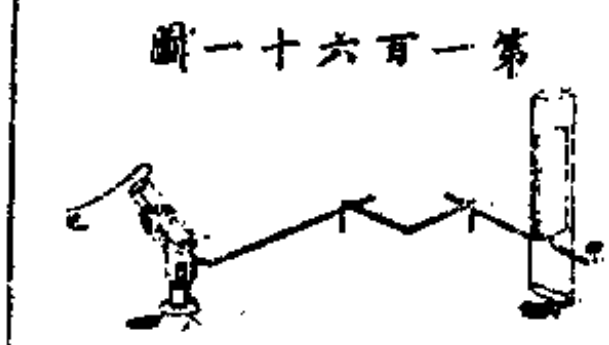
屢試各式之器傳電氣之鉑面或大或小强水或淡或濃傳過之電氣亦或淡或濃知化分水之數與所用之電氣數皆有比故電氣數相同則化分物質之數亦相同而用此可測電氣之數與濃淡不相關也

法辣待曾試將電氣傳過此器一件而記其化分氣之數再同用此電氣傳過此器二件則二件化分氣之數之和等於一件化分氣之數之二倍惟管內之二鉑片相距須甚遠二三件者各件內鉑片之相距必等使氣消化於水者少而各件內消化於水之氣亦相等乃可著獨收輕氣而不收養氣則輕氣能不消化於水而得數益確

法辣待考得電氣連傳不同類之各質則所化分各質之數並各質內分得原質之數依其分劑計之必皆相等此事於化學爲甚要

法辣待用電氣化分錫綠如第一百六十一圖以鉑絲一條端作小圈細稱重數以此小管封於玻璃管之底內而絲在外以錫綠滿管之半另以鉑絲一條繞於管而挂之一端自管入於錫綠內以酒燈加管之熱而使錫綠鎔成流質將管底之鉑絲連於化電氣之負極將繞管之鉑絲連於正極則錫綠化分而正極所發之綠氣必使錫綠成錫綠化氣散出而負極所成之錫與鉑相合成擡金仍留管內受酒燈之熱而鎔故無錫能雜於錫綠內久試之斷其電氣移去正極之鉑絲待管冷而打碎之分檢其未化分之錫綠與玻璃與鉑絲與鉑絲小圈之擡金將鉑絲連小圈洗淨再稱之所增之重數即所化分之

第一百六十一圖



錫也

曾試一次用負極鉑絲重二十英釐試後重二十三·二英釐知分得之錫重三·二英釐收得之輕氣與養氣共三·八五方寸輕氣與養氣依成水之分劑數則一百立方寸重十二·九二英釐故所得之氣三·八五立方寸必重〇·四九七四二英釐故用電氣化分錫綠分得錫重三·二英釐則用此電氣能化分水重〇·四九七四二英釐也

水之分劑數九所以〇·四九七四二與九比若三·二與五七·二比故五七九即錫之分劑數也按化學書內有以錫之分劑數爲五十八者亦有爲五十七·九者與此所試得之數極相近而不確合因試時稍差也乃知化分錫綠及同類各物有定理矣

法辣待又以同法試鉛綠用筆鉛代鉑片爲正極試之三次得鉛之分劑數中數一百八五按化學書內以鉛之分劑爲一百〇三·五有微差因化分之氣爲水所收去也

法辣待又以電氣連傳錫綠鉛綠與水等數質同時化分之所得錫鉛綠養輕各質之數俱與化學之分劑數相合

電氣化合力之數 第一百二十節

法辣待已定電氣化分力之理又考得各物質點化合自存之電氣數即化分水一英釐所當用之電氣數於三分四十五秒時傳過必能使一百四分寸之一徑之鉑絲恒熱至紅此電氣數等於天空大力電閃之電氣數

故水一英釐原質化合自有之電氣數必等化分水一英釐成原質所用之電氣數也而其力與每瓶有錫面一百八十四方寸之十五來頓瓶放八十八萬次相等試在發電氣器內用淡硫強水消化有汞之鋅一分劑重三十二·三一分所發之電氣能化分水一分劑重九分此可徵化分若干質所用之電氣數等於質化合時所發之電氣數

物質化合化分 第一百二十一節

用電氣化分物質與所得之質若與極面能化合則必有合成之質所合成之質亦能自此極面移至彼極面與化分所得之質未與別質化合者相同如鋅能與養氣及酸質化合以鋅在強水內作正極面則所成之鋅養必移至負極面也又炭在金類水內作負極面則不能與水內化分所得之質化合炭在淡硫強水內作正極面則能與水內化分所得之養氣化合成炭養氣與炭養氣鉑片在鈉養硫養水內作正極面則化分所得之質爲鈉養輕氣養氣硫強水俱不能與鉑化合鉑片在鉛養淡養水或鉛養酸醋水內作正極面則有鉛養結於鉑面因化分所得之

養氣與鉛養化合也凡化分雜質所得之質在兩極面不改變謂之原化分質若所得之質在兩極面有改變謂之次化分質二鉑片在淡輕水內作正負二極面則正極面發淡氣此淡氣雖是原質亦已為次化分質因鉑片所得之養氣與淡輕化合而淡氣乃放出也又以同理化分數種金類之鹽類質結於負極面之金類亦非電氣化分而徑成故亦為次化分質也

物質成顆粒及與化分第一百二十二節

白家路用數種金類水並數種金類之極面試之甚趣今錄其數事以銅養淡養水傾入管內下加銅養粉再將紅銅片置於管內將管口密封待十日則結成銅養顆粒有深紅色而光成八面形

以密陀僧粉置於管內加鉛養醋酸濃水與清水少許再將鉛條插入而密封之則鉛條面結成鉛養顆粒

以一瓶滿盛破器之泥泥用鉀養淡養水濕之以鉛條浸於鋅養鉀養水內而銅條浸於銅養淡養水內二條以銅絲相連二瓶以彎管相連則碱類過鉛而稍發電氣使銅養淡養化分養氣與淡養移至鉛內而成鉀養淡養與鉛養消化於碱類水內待數日後鉛條面積成鋅養明小顆粒

以銀絲連銀片於木炭同入鹽鹽強水之管內數日後成八面體銀絲顆粉甚明

以同法用刷金數能成銅絲或鎳絲或鉛絲或錫絲之顆粒俱甚佳

白家路又試石與金類礦在地內遇含金類之水能發甚淡之電氣茲亦錄其數事

以含汞之鋅板圍於銅絲之外浸於消化矽養之鉀養矽水內半月之後鋅板面結鋅養顆粒成八面小體

用鉛圍于銅絲之外而如前法則鉛板之面積成無水之鉛養顆粒

以鉛硫礦浸於鈉綠與銅養硫養水內七年之後結成鈉綠為立方形等之顆粒鉛綠為針形與立方形之顆粒鉛養硫養為八面形顆粒鉛綠與鉛養硫養相合之質成針形顆粒鉛綠為小顆粒用顯微鏡能見銅綠色黑未成顆粒

白家路意地殼內恒有與此相同之事如雨水入地殼內遇金礦能消化得鈉綠或銅養硫養水後再遇鉛硫則微發電氣多年之後亦成各質也

克路司久用淡電氣成甚趣之物以端石連於銅養硫養發電氣器之負極以山上所產之灰石外繞鉑絲而連于

正極二物同浸於淡水內端石面結成鈣養炭養之明顆粒又以同法用錫養炭養與錫養硫養與銀養炭養與銀養硫養亦得各質之顆粒又將白石英浸於鉀養炭養水連於正極則得矽養顆粒

白面德設法欲得銅與鉀養與鋅養之顆粒以玻璃筩徑約半寸長約三寸一端用石膏粉為底厚八分寸之一而盛淡之銅養淡養水或銅綠水此筩再安於滿盛鈉養水或鉀養水之玻璃器內用鉛條與銅條之端相連成弧銅條入外器水內鉛條入內筩水內鉛條漸為碱類消化而發電氣電氣傳過石膏銅養幾分變為銅幾分變為銅養二質結於銅條之負極面又將鋅養消化於鉀養水盛于外器內則八日至十日後鉛條之正極面結成鋅養之顆

銅板之負極面結成銅與銅養之顆粒

化分得金類 第一百二十三節

電氣化分碱類內之金類係兌飛册設其發電氣器用方六寸之紅銅板與鋅板一百對或鎳路或本生之發電氣器八件至十件

用濕鉀養或鈉養之塊作小凹凹內滿以水銀而置於鉑片上將鉑片連於發電氣器之正極水銀內亦加鉑絲連於負極不久而化分得鉀或鈉與汞質相合又以同法用淡輕綠代鉀養或鈉養可成淡輕與汞質銀相合也鈉鉀與汞相合時汞與凹皆漸增大將汞先稍加鈉或鉀少許則成更速

白而德化分得鉀鈉與淡輕等金類與汞相合而成顆粒之器如第一百六十二圖用發電氣器一件取其力甚淡也如但尼里式用玻璃小管徑一寸半長四寸如乙一端用石膏為底如丁厚十分寸之七用軟木圈連於玻璃大筩內深約八寸徑約二寸如甲有銅片長六寸闊三寸成鬆捲如丙與銅絲丑銲連銅片捲安於玻璃小管內又有同大之鋅皮亦成鬆捲如戊與銅絲子銲連鋅皮捲安大筩之底大筩內滿盛淡食鹽水小管內滿盛極濃銅養硫養水成發電氣器外內之水恒同高可數十日連發電氣不絕化分金類之氣與發電氣器之式相同小玻璃管徑約半寸長約三寸如庚亦以石膏為底內盛水銀與欲化分之金類水並鉑片如辛鉑片與銅絲子銲連銅絲過軟木塞大筩盛淡食鹽水如巳內有含水銀之鋅皮如壬與銅絲丑銲連待八小時至十小時後水銀之體積漲大二倍忽傾於極濟之水內則發輕氣而水變有碱類之性如化分

第一百六十二圖

所得者爲淡輕則與水銀相合質軟如牛乳油浸於水內發輕氣而水變成淡輕水白而德試所成淡輕與水銀相合之質雖浸於水內少頃即成淡輕水而連於發電氣器之負極則數十日不變

用前器又化分鐵銅錫鋅銻鉍鉛銀等與綠氣或淡養所成雜質之水得鉍鉛銀之顆粒甚佳銀之顆粒極白而光形如針光大而觸目又化分消化於醋之矽綠而得矽

不生用銀鎳鈣與綠氣所成之雜質加淡鹽強水成膏加熱至二百十二度以電化分之用含汞之鉑絲作負極面所得之銀鎳鈣等與汞相合以輕氣噴過之其汞可去盡

又用鋰綠在磁鍋燒鎔以枯煤一片作正極面以鐵絲一條作負極面用硝強水發電氣器四件至六件能取得鋰

又能自燒鎔之鎂綠得鎂又能自鋁與鋼綠相合之物而得鋁皆同法又以鎢綠或錳綠極濃之水盛于小瓦罐置於炭鍋內而炭鍋連至正極用鉑片浸入炭鍋內之水而連至負極全器之下以熱水盆加熱則化分得鎢或錳甚純

結銅鍍鋅第一百二十四節

但尼里用銅養硫養發電氣器兩極相連時電氣傳過銅養硫養水見銅面不發輕氣而結純銅一層取開之時其痕迹與銅面相同故知用電氣可鍍金類也同時得拉路亦著書言銅板面所結銅皮一層可揭開而所有痕迹俱相應與銅板面銅板面若極光滑則結成之銅皮面亦極光滑

道光十七年俄國京都人亞可比十八年英國立味不人司邊沙與阻爾敦初用此法造器

司邊沙初用之器甚簡用玻璃燈罩粗沙一層或石膏一層爲底而安於尋常玻璃盃內玻璃杯內盛銅養硫養水玻璃燈罩內盛鹽類水欲結銅之模用銅絲一根連於同大之鋅一塊鋅置於燈罩之木內模置於銅養硫養水內模面即有銅結成亞可比又刱法在非金類質之面擦筆鉛一層亦能鍍金類英國麥里初用之

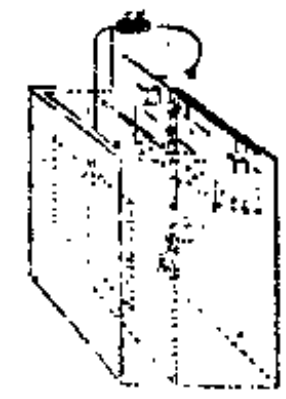
結銅之單器如第一百六十三圖人爲含汞之鋅條寅爲模物爲連模與三條之銅絲丙爲外器盛濃銅養硫養水巳爲瓦罐盛淡硫強水在外器之多孔板上加銅養硫養顆粒使恒消化於水而補所化分者將模浸於銅養硫養水內模之面積不可甚大於鋅之面積銅養硫養水之濃者慎勿令沉於底沉則結成之銅上下厚薄不等也

第一百六十三圖

又式如第一百六十四圖用木箱內面敷漆以多小孔面

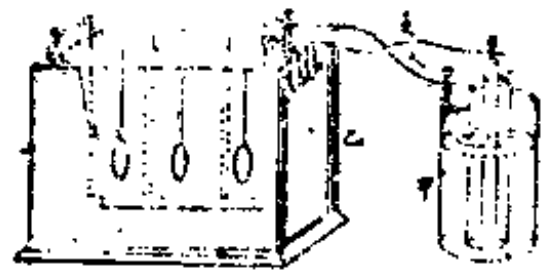
易漏之木板分隔爲大小二膛大膛盛濃銅養硫養水有板可安銅養硫養顆粒使漸消化小膛盛淡輕綠水內浸不含汞之鋅板此法之結銅雖不及用强水之速而更平勻胡而加曰結金類之誤事因電氣力過大者多過小者少

第一百六十四圖



結銅與發電氣各用一器者如第一百六十五圖甲爲銅養硫養發電氣乙爲結銅之器內盛銅養硫養水加硫强水丙爲銅板先以銅絲人連於發電氣器之正極恆消化而補所結去之銅寅爲銅條以銅絲天連於發電氣器之負極欲結銅之模挂於寅銅條配合結銅之水極漲銅養硫養水二分用硫强水一分淡水八分

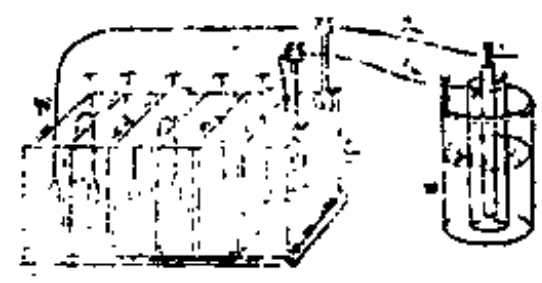
第一百六十五圖



相連之後則電氣傳過而銅養硫養水內之銅結於模面銅板卽與養氣化合再與硫養化合而消化補其所少者此法費時稍久於單器在二日能成甚厚之銅皮一層銅質堅韌而可彎惟時之久暫略與空氣之熱度相關

同時在六模結銅之器如第一百六十六圖甲爲發電氣器之銅管連乙器內之銅板如丙天爲銅絲連發電氣器之鋅條於模如寅丁丁丁丁爲彎銅絲五條兩端各有模與銅板皆銲連胡而加之書論用此器之法先將丙銅板連於發電氣器再將銅絲一條彎成兩曲兩端各連銅片浸於箱兩邊之膛內次用天銅絲連鋅條於一模鋅條安於瓦管內而模安於寅膛內約二分時有銅結滿其面而不畏化分有亂也再將銅絲端之銅片自前膛內取出而移安於後膛內用彎銅絲下一端連模一端連銅片以模入銅片之膛銅片入模之膛約二分時有銅結滿其面將銅絲端之銅片再移前一膛後仿此至六模俱安於膛內則六模皆能結銅矣用此器每消鋅約二兩則每膛之水內各消銅一兩而每模必各結銅皮約一兩無論用一模或六模或二十模相連每消鋅二兩所發之電氣必能結銅一兩或六兩或二十兩較諸單器甚省也

第一百六十六圖



銅養硫養水彌濃則結銅彌慢銅質彌堅顆粒彌大結成

銅質或堅或韌俱可配水之濃淡與發電氣之力而得之英國白明喊末之地愛而金頓鍍結金類局常用胡拉司登舊式發電氣器其器新配好之後可用四日而力無差器內硫强水可用一箇月每硫强水一分加淡水八分每結銅一磅約消鋅二磅結銅之面積當等於發電氣器之鋅面積結銅之箱深約六尺能容一千六百軋倫箱上不另安銅養硫養顆粒銅養硫養水用五年不必換亦不必再加硫强水與銅養硫養甚慢發電氣器房與結銅房之寒煖使週年恆在六十度

欲將錢或有花紋之玩物仿式而另作之果而之法用堅象皮二分切碎海膠一分同加熱鎔之掉勻成膏用時先稍加熱至軟壓在花紋之面壓力以漸加大即成模或用石膏亦可惟成後必浸於熱油內水始不能漬入面刷最細之筆鉛一層背若能傳電氣者必敷松香類之漆一層使銅不能結

以白德生設法能令花葉果等傳電氣而結金類用燐在以脫或炭硫內消化加水使淡以花草等浸入取出而使之過空氣至以脫等化散再浸於銀養淡養水內使外面結銀一薄層則可在銀面結所欲之金類印圖之鋼板欲結銅亦必如前法結銀一層而後可也鐵面鍍鋅將鐵板鐵條鐵鏈浸於鋅養硫養水內連於發電氣器之負極用鋅一塊同浸於鋅養硫養水而連於正極以小力之電氣傳過之

鍍金銀 第一百二十五節

鍍銀用銀養淡養水鍍金或鉑用金綠水或鉑綠水則結成之顆粒大而質脆無論鍍之極慢皆然故必用銀養鉀養或金養鉀養也用鈣養代鉀養亦可

愛而金頓鍍結金類公局作鍍銀水鍍金水之法將鉀養鐵上等而黃色者與鉀養炭養各在鐵板上稍加熱使乾研成細粉鉀養鐵用八分鉀養炭養用三分相和掉極勻以鐵鍋熱而盛之使鎔蓋之甚密待半小時傾於鐵板成鉀養再用鉀養淡養水漸加鉀養其內即有銀養結成以水洗之再加鉀養即消化而成銀養鉀養水可以鍍銀此水內含銀五十分重之一最便

欲鍍銀之物先在鉀養水內加熱沸之用細沙擦之再浸於淡硝强水內又用沸水洗之即可入鍍銀之水內以電氣傳過數時取出用細銅絲刷之或細白沙擦之再入鍍銀水內以電氣傳過五小時至六小時而成用研器研光之

局內用胡拉司登發電氣器四件鋅板長三十二寸闊十

六寸一小時能鍍銀二十四兩如用炭硫在以脫內消化加於鍍銀水內則鍍成之銀甚光亮否則鍍成之面粗毛雖用炭硫仍必憑電氣之力力若太大仍不能光鍍成之銀必發泡

局內又多用吸鐵電氣器代化電氣器一器一小時能銀十七兩

造鍍金水較難昔時以鉀養消化金養今時常以電氣成之用瓦管內盛鉀養水安於大筩之內大筩內亦盛鉀養水瓦管之內安金一塊與發電氣器之正極相連大筩內安銅板與負極相連以電氣傳則瓦管之金即消化而成金養消化於鉀養水內至濃已合用將瓦管取出而大筩內之水已變為鉀養水矣凡鍍金水必熱至二百十二度為妙

鍍彩色 第一百二十六節

將鋼面磨之甚光連電氣之正極而浸於鉛養醋酸水則鍍得鉛養色最佳依法配其各處之厚薄可得各種顏色

買西胡之法如第一百六十七圖將鋼板磨之甚光置於坡璃盆內盆內盛淨鉛養醋酸水上蓋厚紙紙上刻成花樣用小木條圍之成邊木條之上蓋紅銅圓板以鋼板連正極紅銅板連負極發電氣器用二件或三件五分時而

第一百六十七圖

至二十分時鋼板上結鉛養薄層色花樣因鉛養層之各處厚薄不等光透至鋼面而返照有彩色之鋼板受回光則觀之能有三稜玻璃所成之各色光受若正光則觀之有前色相對之色

將此彩色之鋼安於窗間以白紙成四十五度角在其上遮光而觀之則更艷

化分鹽類 第一百二十七節

但尼里詳試用電氣化分鉀養硫養鈉養硫養淡輕養硫養鉀養淡養等中立性之鹽類水知所用電氣數能化分淡硫強水之養氣與輕氣各一分劑者此電氣亦能化分中立性鹽類水之養氣與輕氣各一分劑及其本質與配質亦各一分劑

故化分淡硫強水其硫強水積於負極面而其數與負正極面所發之輕氣相比僅略為四分分劑數之一其不及一分劑者但尼里意硫強水有幾分流回至正極面流質傳電氣愈難則流動愈大也故中有物分隔之則硫強水積於負極面者當不少於一分劑矣至實試之而仍少於一分劑知非有流質流過也又試化分鉀養與鎖養與鎳

養等之水其質積於正極面而其數負極面所發之養氣相比亦爲四分分割數之一又以鉛絲爲正極面筆鉛塊爲負極面電氣連傳過此鉛絲與鈉養硫養知化分鉛綠與水及鈉養硫養各一分割

化分含綠氣之質用錫板一塊細秤重數置於器內器內盛鈉綠再加銅板發電氣而錫管板連於另管內已鎔之鉛綠則錫板面不發氣泡又無綠氣之臭而銅板之正極面則發輕氣與結錫綠各一分割又以同法試淡輕綠所得相同知淡輕綠內含一原質與一原質爲淡輕與綠氣化分銅養硫養但尼里用玻璃小盅底有一孔以極薄腸皮封之使不漏盛淡鉀養水至半挂於大玻璃器內太玻璃器內盛中立性之銅養硫養水玻璃盅稍浸入水內用鉑片浸於盅內之鉀養水而連於發電氣器之鉑此器共有二十件相連（如前第一百三十七圖）再將銅絲浸於銅養硫養水內正在薄皮之下而連於發電氣器之鉑庶則銅養硫養水內正極面發輕氣鉀養水內負極面發養氣在皮面見有氣少許上升十分時之後皮之下面結紅銅一層紅銅之內有黑色之銅養與淡綠色之含水銅養因所用之質爲鉀養水與銅養硫養水二種中有薄皮分隔電氣傳過此二質銅養硫養化分得銅與硫養與養也銅欲往負極負極面遇皮不能過必結成而養氣則過皮而與鉀養水內之輕氣化合成質往負極面而水化分之養氣不及過皮則與銅在皮相遇幾分能化合成黑銅養因養氣力大不及盡化故銅之幾分獨結於皮面而鉀養水內則有輕氣散出其能結成藍色含水之銅養或因二種水有少許摻雜也

又以同法化分銀養淡養　鉛養淡養　鐵養硫養　錫養硫養　汞養淡養　所得者亦相似

化分二分劑配質之鹽類用鉀養二硫養極淨顆粒之濃水將少許減其酸性用測鹼類器詳測之至盡減而加熱化散與淡輕養炭養同燒秤之則知若干水內有若干中立性之鉀養硫養將其全水安於器二邊之膛內如第一百六十八圖但尼里化分此種質多用之甲乙各爲厚玻璃圈而有底其邊磨甚平能接二半管而二邊各車一槽便於用線扎薄皮略似小鼓子爲小孔能進流質丙爲中隔圓板丁戊爲二彎管能放所發之各氣庚辛爲二圓鉑片爲正負二極面連於壬巳二銅絲連至發電氣器共成三膛各膛可滿盛相同之流質或不同之流質

第一百六十八圖

全器在木架之上以電氣傳過至化分水九英釐而得養輕二氣共七十八立方寸再各正負二極面之水而各分爲二半以半滅其性半與淡輕養炭養同燒鎔知負極面增强水十八英釐而正電氣面減去强水十九英釐而負極面減鉀養九九英釐正極面增鉀養九九英釐可知此水雖易傳電氣而移至正極面之鉀養與輕氣相比僅五分分劑數之一而移至負極面之强水與養氣相比則二分分劑數之一但尼里論此事云電氣在二種能傳電氣之質內分開鉀養硫養傳其小分淡硫强水傳其大分凡電氣分傳多種則金類各金類所傳電氣之數與阻電氣力有反比非獨行易傳之金類也依此理可推電氣傳過流質亦當如此不知昔人曾如此論之否也

電氣化分淡硫强水與碱類水外似不合而以前說解之無不通也如硫强水之原質爲輕養硫養水之原質爲輕養則電氣能分傳水與硫强水化分水三分劑化分輕養硫養一分劑也化分鹽類水亦與此同理

電氣化分鹽類水所得之輕氣與養氣爲次質法辣待化分鎂養硫養見第一百十六節知電氣傳過鎂與硫養一則正極面放鎂負極面放硫養硫養不能獨有必與水內之輕氣化合成輕養硫養而餘養氣一分劑在負極放出鎂則再與水內之養氣化合成鎂養而餘輕氣一分劑在正極面放出

電氣化分本配各一分劑之質則正負二極面各現本與配一分劑化分二分劑本之質則負極面現配一分劑正極面現本二分劑化分二分劑配之質負極面現配二分劑正極面現本一分劑而測化分力之質則皆化分鉛綠一分劑也

電氣化分三鉛養三醋酸正負二極面俱用鉛板則正極面現鉛養二分劑並鉛一分劑稍少負極面現醋酸二分劑因鉛養原與鉛養醋酸化合略與顆粒內所含之水相同其鉛養醋酸傳電氣而餘鉛養配質已去不能消化乃結於極面

流質自正極面移至負極面第一百二十八節

步里得始考得此事後有密辣與韋敦孟與固因賈與苦羅斯得其徵韋敦孟用有底瓦管安於玻璃大器內瓦管之頂有玻璃鐘以灰相連鐘頂有孔能接直立之玻璃管管曲至橫面通至他器瓦管中有鉑片以銅絲過玻璃鐘連於發電氣器之負極大器內有鉑片以銅絲連于正極大器與瓦管俱滿水以電氣傳過之以測器測之電氣之濃淡瓦鐘內之水受電氣而上升至橫管即流至他器內

章敦孟考此面屈因賈徵其略

一若干無內上升而流之水數與傳過之電氣數有比

二上升而流之水與極面積並瓦管面積大小不相關

三水上升之高與瓦等面積之大小有比

四電氣壓若干橫刻面之水自正極面至負極面其壓力等於與電氣濃淡有比例之靜水壓力

流質之愛力愈大則所移過之體積數愈多如苦羅斯試白泥水用淡硫強水化清水則水移過向負極而上升

第四章論發熱發光

發熱 第一百二十九節

化電氣傳過金類之時必有發熱苦電氣數甚多於金類所能傳者則金類發熱能鎔成流質有時能化為氣質大化電氣器能發之熱甚大用別法最難鎔之物遇此熱即鎔鉑鉞鍇等火爐之熱雖極大不能鎔而遇電氣之熱則易熱鎔

諸金類鎔時所發之光各不相同用極薄之金類片光極大非燒金類所成乃質點忽散而成與來頓瓶燒金類相似也燒金得白光稍兼青燒銀得淡綠光燒紅銅得藍白光有紅星燒鉛得紫光燒鋅得明白光稍兼紅試法將鍍錫之鐵板面摩甚亮連于發電氣器之一極將所燒之金類薄片連於又一極而切於鐵板即見其光雖在水下試之光亦甚大

試化電氣使金類絲發熱之法將金類絲長約十八寸繞成螺絲形安於玻璃內管如第一百六十九圖兩端有螺絲以連於發電氣器之二銅絲玻璃管發大熱銅絲或燒瓦管若浸於少水內能熱至沸凡用化電氣使金類發熱其熱常先自一端起法辣待已試之知不在電氣正負之別而另有別理化電氣傳過金類絲發熱之大小依金類傳電氣之難易電氣能使鐵絲或鉑絲發熱至白每不足使同徑之銅絲或銀絲熱至白如第一百七十圖用鉑絲鉤與銀絲鉤相間連成鏈以電氣傳過之則鉑絲能熱至紅銀絲仍暗因銀絲阻力小而易傳鉑絲阻力大而難傳難傳則發熱也金類加熱則難傳故金類傳電氣而發熱至紅時將其一段浸於冷水內則餘段更熱而至能鎔因加冷則易傳同於減金類絲之長也金類絲傳電氣而發熱其徑依器板之面積其長依器之件數法辣待試發電氣器一件無論電氣傳過使金類絲長半寸熱至紅或金類絲長八寸熱至紅化分之水數相同法辣待又云用極細之細金

第一百六十九圖

第一百七十圖

類絲傳電氣設法使絲之熱度不變則所傳過之電氣數亦不甚變故可制所發電氣之數也

化電氣傳過鉑絲在空氣內與各種氣內發熱各不同顧路用等長之二鉑絲一在養氣管內一在輕氣管內在能成水三兩之器內水熱俱六十度各以電氣傳過五分時養氣管內之鉑絲熱至白水熱至八十一度輕氣管內之鉑絲熱未至紅水熱僅七十度又用別氣熱度俱大於在輕氣者各金類絲連傳電氣則所發之熱與水化之汽有一定之反比如鉑絲在輕氣所化之汽七立方寸在養氣所化之汽六西立方寸輕氣因質甚濃能使鉑絲受冷而增傳電氣之力也

賈西胡用發電氣器一百六十件見鉑絲之連於正極者較遠於負極點者更熱二絲各入盛淡水等大之瓶約過二分時正極絲之水沸負極絲之水不沸用此發電氣器易鎔鉑之大條又能多鎔鐵鈷等

發光 第一百三十節

用黃楊木炭或用炭精即煤飾內所成之筆鉛二條各磨尖如筆連於大力化電氣器之二極先相遇而後相離則發極光亮之火成弧形因熱本欲上升也炭尖必先相遇發熱而後相離始能得此弧賈西胡用發電氣器三百二十件仍不能不先相切而得火未傳時將絲手巾或乾薄紙能分隔已傳後熱極大能鎔鐵又能使第二十號之鉑絲長十六尺四寸熱至紅

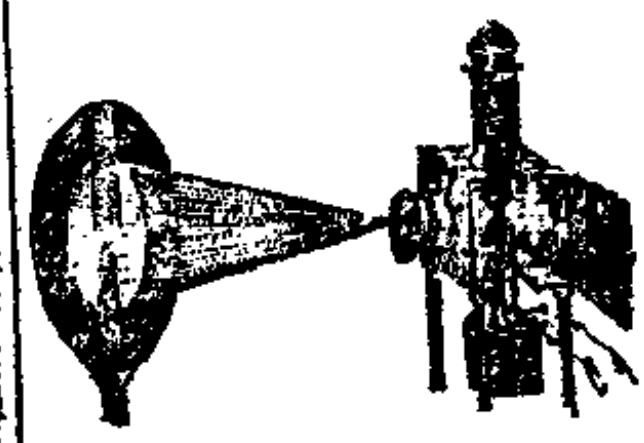
化電氣所成之弧光光亮極大之故因自正極至負極有甚熱之炭質點行過也故在空氣內光亮更大試畢後見正極炭尖之中有圓錐形孔略與負極之尖形相配在負孔內燒者孔更清因無養氣燒炭也

正極炭之燒速於負極炭之燒故難用代燭炬有人設數器能使二尖之相距不改而電氣之傳過平勻同治元年博物院內有杜保斯克之法僅可試電氣光而不合為灯塔因偶然火熄不能自再燒必有人使之再燒也其二炭尖上下相對用齒輪齒條使漸移近而正極尖之燒速故移近亦較速則火光之處可不移若一移一不移或二移之速等則光之處皆必移也使炭尖移動用發條與接齒輪如時辰鐘之法有電氣吸鐵條連於閘以制之電氣力小於定數則放一齒或多齒而使炭尖相近先用手移使二炭尖相切再移至適當之遠而不必動齒輪改吸鐵條與閘之相距使吸力或加或減則炭尖之相距可加減

電氣燈 第一百三十一節

杜保斯克所設之電氣燈如第一百七十一圖有鏡能照

第一百七十一圖



火於屏面在屏面能見二炭尖之形正極炭尖漸減小而負極炭尖漸增大炭面所見之小球乃炭所含之矽養鎔成也電氣路相接後負極炭尖先發亮正極炭尖後發亮而更亮正極炭尖能減小故宜粗大

何密斯之電氣燈更簡用吸鐵器發光無忽然發閃之狀同治元年英國博物會論各電氣器之書內論此燈之說曰有轉軸二處之徑不等而繞二繩以對面之方向一在粗處一在細處繞於粗處之繩過動上炭架之一滑輪自滑輪向上連於桿此桿之用詳後繞軸細處之繩過動下炭架之一滑輪而再向上繫於轉釘轉釘可用手轉動以稍改繩之長短配炭之高低使光正對鏡心加軸轉動而無物阻上架則上架與炭向下而下架與炭向上上架向下與下架向上之比例依軸之大小有齒輪與簧閘使不動若電氣力小於定數則電氣吸鐵器之撲能放鬆簧閘而使輪轉動而二炭漸相近與杜保斯克者相同

連上架繩之桿中有小橫軸能動而使上架與炭或低或高有釘目桿端使動不甚多反端有重物略與上架之重相定而連軟鐵在又一吸鐵條之上加燈無電氣傳過則吸鐵條無力而不引軟鐵而架與炭之共重自能落下而使二炭尖相接相接即有電氣傳過而吸鐵條引軟鐵使桿端向下則其繩自將上架與炭提上故有大風吹滅弧火而電氣不傳有此則二炭尖自再相接而電氣再傳仍發火弧

同治元年博物會之書論賈司巴顧留司拉麥來希德等所設電氣燈謂其價甚貴而火光極大觸目故人未有用以代燈燭者

戴司不留用本生發電氣器六百件得電氣火長七八寸

電氣弧火之大小 第一百三十二節

賈司孟詳考炭漬各鹽類水而發光之大小曾用本生測光器測光之大小又用切線測電氣器測電氣力之大小

炭尖相距千分枚數	電氣力	光之大小
生炭	〇·五	九三二
	四五	一三九
炭浸足鉀養淡養水	〇·五	三五三
	六·七五	二七四
炭浸足鉀養水	二·五	一五〇
	八·〇	七五
炭浸足鋅綠水	一·〇	一〇二
	五·〇	八二
炭浸足硼沙與硫強水	一·五	八〇
	五·〇	六七
炭尖漬各鹽類水則火炎與光亮較之未漬皆更大而微	一·七一	六二四
	一·六五	五九

有燒各鹽類之色觀表內之數二炭尖相距愈大光炎愈小而傳過電氣之力亦愈小依費皇與夫果得所試知用本生發電氣器四十六件所得之光爲輕蓋燈之光三十四倍用八十件所得之光大於四十六件者不多用大器而件數少者所得之光更大本生曰炭尖相距一寸用本生之器四十八件所得之光等於大燭五百七十二支之光

吸鐵條與電氣弧火之相關 第一百三十三節

兒飛初考大力吸鐵條能將電氣弧火推引與電氣傳過能傳電氣之質相同其推引以弧火改形而見之推引之力甚大能使弧火斷絕二炭火間之弧火如第一百七十二圖受吸鐵條一極之力所引而改變形如第一百七十三圖杜拉里勿試以二吸鐵條對引弧火必二吸鐵條甚近始能引之成分岐之火星而發聲如所移過之吸鐵點其移過甚勉强用鉑片連於大電氣吸鐵條之一極而連於發電氣器之負極點則有斷斷之大聲但如換電氣之正負則無此聲而電氣弧光再不能直但往外向板之邊其弧常斷而所發之聲略同於放來頓瓶之聲再用二紅銅尖以大力電氣吸鐵器相連電氣

第一百七十二圖

第一百七十三圖

力亦大則所發之聲略同於遠處放多洋鎗之聲

吸鐵條能成此各事必略因混亂傳電氣尖內質點之性或位置而質點行動光弧有改變也

化電氣傳過金類絲發聲 第一百三十四節

以硝强水器五件至七件之電氣傳過鐵錫鋅鉛各絲而絲切於電氣吸鐵條之二極能發聲紅銅鉑銀絲亦然水銀或淡硫强水或鹽水盛於玻璃管內同法試之皆然金類絲之一端若挂重物一端連於增音板能試所發各音之高低

銅絲繞成螺絲套於電氣吸鐵條之外而不相切以電氣傳過繞銅絲亦能發聲惟電氣不可連傳必平勻斷續而傳也若用銅絲依法焠火所得之聲大於別金類略同於遠處打大鐘之聲杜拉里曰將來或能剏法制鋼絲之聲而電報用此聲報信

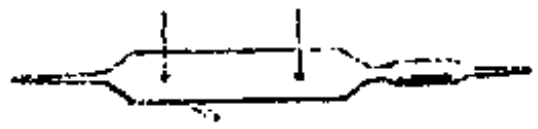
軟鐵忽傳電氣成吸鐵條忽斷電氣仍還軟鐵鐵質恒有震動徵之用銅絲繞成螺絲形內安玻璃管或木管管內安鐵數小塊或鐵屑以電氣傳過而忽斷忽傳則鐵屑亂動彼此繞行其狀甚奇略似沸滾電氣力甚大則飛上如噴水鐵屑動時有聲如水沸之聲也欲試電氣光弧之熱可用枯燥作四爲正極以炭尖在其上爲負極如第一百

七十四圖將金類安於凹內用硝強水發電氣器二十件或三十件之傳過金類不特能鎔且能化氣而故

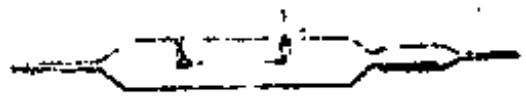
化電氣傳過炭養眞空發光第一百三十五節

凡用抽氣筩所成之眞空不能全眞依杜利色里之法造水銀風雨表其眞空處亦有極薄之空氣賈西胡試電氣附過全眞空所成之光用鉀養與炭養氣之夫愛力成全眞空管內滿盛極淨之炭養氣以抽氣筩抽出之至最不能出經用鉀養條收所餘之炭養氣如此作數件長約六六徑約一寸管內用枯煤球徑約四分寸之一連於鉑絲作附電氣極如第一百七十五圖兩極相距約三寸用紅銅絲或鉑絲外包玻璃小管爲附電氣極如第一百七十六圖安鉀養一百七十六圖安鉀養條之玻璃管一段已燒如第一百七十七圖用水發電氣器三千五百二十件二極連於管之二鉑絲則管內成光多

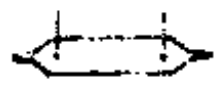
第一百七十五圖



第一百七十六圖

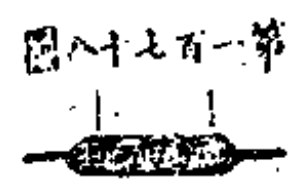


第一百七十七圖



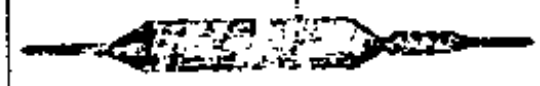
層鉀養條若稍加熱則光不見管內光之形如第一百七十八圖用但尼里發電氣器五百十二件負電氣極點同圖發亮而中不成層如第一百七十九圖用顧路發電氣器四百件枯煤正極之光小管長二十四寸周十八寸一極用凹形之銅板徑四寸一極用黃銅絲在當中成各層光亮甚大目不敢視銅板上有白光一層再有暗處闊約一寸再有青光凹形與板相同換電氣使此板爲正極則光小而淡又試長六寸徑一寸之管有盛鉀養之管相連用炭球傳電氣發大熱久成極光之一條隔青色玻璃片觀之能見光分層如第一百八十圖不久而正極球熱至紅外面有光球負極球亦有光圍之如第一百八十一圖後將彎吸鐵條近於管光變爲多層而電氣路內之顯電氣針多偏而南北亂至針停時在四十五度再將鉀養管加熱則仍變甚亮之火一帶加熱更大則正極有大光四層至五層如第一百八十二圖不久而光忽然極大成圓錐形層如第一百八十三圖顯電氣器忽然甚偏且

第一百七十八圖

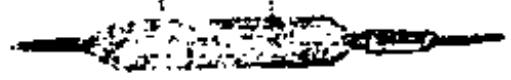


第一百七十九圖

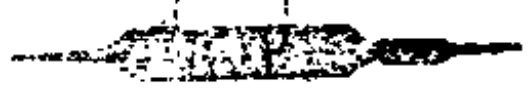
第一百八十圖



第一百八十一圖



第一百八十二圖



第一百八十三圖

發電氣器發電氣格外甚多觀所發之淡養氣爲據用黃銅爲極鉀養未加熱火不現惟火一現即成極大光三層必隔深綠色之玻璃片觀之觀時未曾移至負極而不見鉀養漸冷各層漸小久之而無光

極點未相切時有電氣爆裂放出第一百三十六節第一百三十七節

賈西胡試右各事之時知硝强水發電氣器能在空氣內放電氣與水發電氣器相同又其電氣附過極薄炭養氣內所得之光有層累之形與前電氣圈所得之光相同然發電氣器之各件若通地則電氣路不分開不能有光若二極點一分開即有電氣光弧弧長與光之大小與發電氣器之件數相關賈西胡用不通地之發電氣器四百件則電氣路未連之時有電氣火星放出電氣路一連即現甚光之電氣光弧用水發電氣器三千二百五十件絕不現電氣光弧惟在二極點間連有火星行過不停至發電氣器之水略化乾而停

炭養眞空管內用炭爲極點用硝强水發電氣器的發電氣成爆裂之狀測電氣歸之針略不動發電氣器內不甚有消化成電氣光弧時則驗電氣器針偏動甚猛而發電氣器各件內大消化每次將鉀養加熱即有電氣光弧光弧原是淡養所成因此略能使炭養點更分散行過而成光弧也

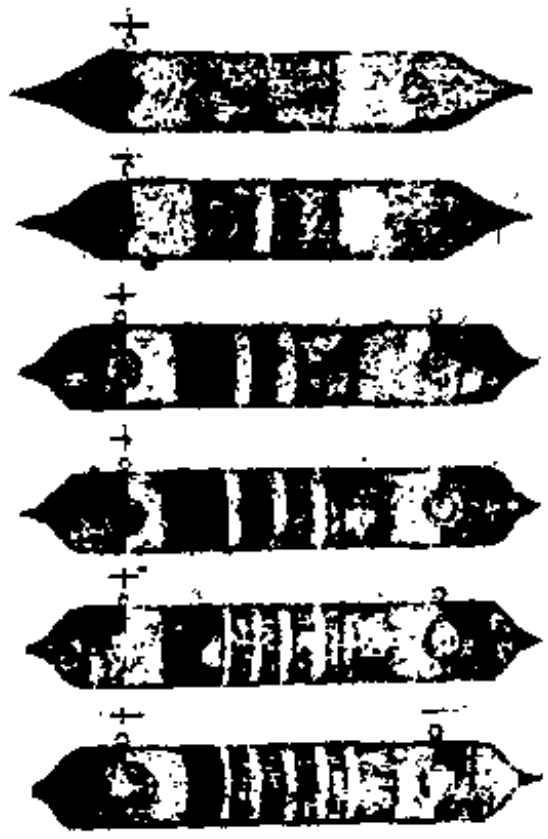
賈西胡意謂電氣光有層累之形因電氣力傳過極薄氣阻力甚小也又謂化電氣器放電氣常非相連而爲斷續乃多振動而成每動速之或大或小依發電氣器之阻力或大或小又依電氣之路內所有氣質之阻力或大或小賈西胡又以水發電氣器之電氣傳過炭養眞空觀光所分數層之狀又改其阻力而考其光如何改變用枯煤二小球相距一寸半封於炭養眞空管長二寸半徑一寸以電氣傳過則二球發大亮負極每若干時光極大而亮後有電氣閃過二球間之暗處不能見層形如電氣路內有水約三寸則放電氣之形窄而有層用旋轉之鏡觀之見光忽有忽無改其阻力則所放之電氣光亦能改變或分層而忽有忽無或連

賈西胡用鹽水之發電氣器三千三百六十件用鋁爲球徑八分寸之三爲二極相距三寸眞空管長約五寸其光甚大分十二或十四層近負極球者短如第一百八十四圖色淺綠用水三十六寸在電氣路之間則二球稍發亮阻力愈減小則二球之光愈相近如減阻力至水三十三寸則正極發光球不動減阻力至水二十三寸則正極之光行過管內至成第二層光即停再減阻力至水二十寸

第一百八十四圖

得第三層再減阻力至水十八寸得第四層再三阻力至水十四寸得第五層再減阻力至水十一寸得第六層再減阻力至水七寸得第七層負極之光更大而有壓平之狀再減阻力至水三寸則得第八層再減阻力之水數則忽迭更現三層至四層而一切光層不定此各層光略如第一百八十五圖若用一管長三寸徑一寸用極小之鉑絲爲極相距約八分寸之五鉀養未飽加熱時電氣不發光鉀養加熱後稍發光自正極先有一層後二層如雲負極有大光圈之久而熱負極熱至紅可知

第一百八十五圖



與空甚眞者電氣不能傳過故欲發光管內必稍有質則能發熱管內各層光形與方位在乎二事發電氣器之力一也管內氣質之濃薄二也有法可制光層層數可或加或減方位與次第俱能改變欲改之將電氣路加減阻力也可知各層光可指發電氣器已成電氣路時電氣之濃顯電氣器之金箔相離能指未成電氣路時電氣之濃

賈西胡謂黑層或爲動浪之靜點因正極至負極所放過電氣之動所成同於空氣有等速之動浪自對面相遇所成之靜點又同水面之浪相遇之定點或光層能指所有傳過電氣之動其動本是電氣傳過銅絲而現等說但無實據

電氣二極在眞空或空氣相離電氣附過成光發熱

第一百三十八節

道光十八年賈西胡考發電氣大器之傳電氣銅絲二極稍相離而電氣附過則正極發熱至紅久之而鎔負極仍冷咸豐八年考得用附電氣圈在空氣內或在眞空內放電氣發大熱者爲負極咸豐十一年賈西胡將上事詳報於博物會摘錄其略云用眞空管長三寸徑一寸以炭球作極點球徑八分寸之一相距一寸用稍强水發電氣器四百件每件各不通地成光如前第一百七十九圖負極之炭球外有光漸增大而球熱至紅以鋁球代炭球負極不久鎔成滴落下正極仍有原金光

又試三眞空管管內用二黃銅空球爲極負極不久甚熱管內忽然發光一閃玻璃面結金類一層察其管知負極球之半分開而幾分鎔去銲連二半球之銀受大熱而鎔結於管面者卽此銀也

再以同法試此管負極球仍發熱至紅後忽然發多層大光三四秒時負極球速暗正極球熱至紅斷電氣二三秒後仍紅多層光現之時發電氣器內多發淡養氣可知發電氣忽有忽無則負極之阻力大故發甚大之熱若發電氣器之力更大而成電氣光弧此卽連於電氣而正極亦發甚大之熱

賈西胡由此與別所試者得公理云發化電氣器之正極或負極發熱之故全在發熱處之阻力

吸鐵力阻眞空內放電氣 第一百三十九節

賈西胡用大圓管長二十四寸最大徑六寸盛淡養氣而後抽去之用鉀養收其所餘器之二端有鉑絲入器內一端有紅銅四板徑四寸連於鉑絲一端有黃銅絲連於鉑絲二鉑絲連於俏强水發電氣器四百件之二極放於大丸電氣吸鐵條兩極之間略鐵現大力之方向直通管內電氣傳過之時管內有多層光電氣吸鐵條現力時各層光速齊不見再後或因發電氣器之力減小或因別故不見各層而見滿相連之光又用發電氣器十件使電氣傳過吸鐵條則管內之正極發甚大之光層光層行過管之上面或下面依電氣行之方向吸鐵條在電氣成路時忽然斷之則光層自正極先發面後退如多雲逐層相隨至正極似爲極所收去

電氣傳過吸鐵條時管內傳過之電氣增多而力大至能鎔去正極約半寸此後發電氣二極連於管電氣不能如前傳過後將發電氣器之正極連於房內通煤氣之管則電氣能傳過而電氣亦爲吸鐵氣所減吸鐵氣減此光之時能現吸鐵力漸大而後漸小

又試水發電氣器三千五百二十件所成之光亦爲電氣吸鐵條全滅或斷

第五章論吸鐵性

測電氣器 第一百四十節

嘉慶二十五年胡斯待特取吸鐵氣與電氣有相關而翔造測化電氣之器緣見指南針近於化電氣之路任何處則速偏而偏之方向在平針與電氣線相與之方向傳電氣線平行安於針之上則針在發電氣器負極之端偏西傳電氣線平行安於針之下則針在發電氣器負極之端偏東

傳電氣線與針同在一地平面內平行則針不合地平面偏而欲在立平面偏傳電氣線平行安於針之西則針在發電氣器負極之端偏向下傳電氣線安於針之東則針在發電氣器負極之端偏向上

兩傳電氣線同時在針之下與上而電氣以對面方向傳過則上下二電氣線之力相合而針偏更大

電氣線繞過針之上下多次則針偏更大盤繞愈多故可作器使極小之電氣現大力此即顯電氣器與測電氣器之力也最簡之式如第一百八十六圖若欲顯極小電氣者再必改式也各種顯電氣器其線繞多次而線外包火漆使電氣不能外散用二針者則能減所受地球之吸鐵力而針可無定向二針一在上一在下平行相連而極點相對熱學書內造二針之法將二針各蓉滿吸鐵氣惟其力難相等而二力之較仍能停於吸鐵之經線必將小吸鐵條收去大力針之力少許使之正相等始能停於吸鐵經線正交之方向惟二針之吸鐵軸線難於正在一箇立平面內故力雖相等尚微受地球之吸鐵力而不停於正交方向也式如第一百八十七圖外有玻璃罩二針之相距能內銅絲之盤繞以稻草一根貫二針及銅絲

第一百八十六圖

之間而挂於絲線銅絲極細而外包蚕絲絕不洩電氣共盤二三千圈針挂於漂白烘乾之極細蚕絲不用之時針靠於度分面提玻璃罩之小柄則針可起上挂針之稻草有螺絲可配就之使正在分度面之圓心又有螺絲可轉分度面至使○度正合於針最好之針一分時內搖動不多於二次一動心直回至○度然難有如此者因針受極微之吸鐵氣即亂而銅絲亦常含鐵少許也田大里曰曾嘱布魯士京都人宿華特代造此器一具試時未有電氣傳過針偏三十度以英國銅絲換其日耳曼銅絲針偏減至三度偏三度者因包銅絲之蚕絲染綠色綠色內稍用鐵質也後換白絲而絕無偏可為全善矣顯電氣器用以雷門得試動物植物之電氣者銅絲繞二萬五千至三萬圈其銅絲含鐵則針有偏必偏之不多者可改正之將吸鐵小塊長二十五分寸之一安於圈內則可改正針之稍距○度者而偏數度者則不能改正也

第一百八十七圖

定測電氣器之分度

田大里熱學內引法國人墨路尼之說另用銅絲以比較而得之其器如第一百八十八圖亥亥為三小杯盛水銀至半杯內各有銅絲連至顯電氣器之二端庚庚另用銅

絲如已連於二杯之水銀則電氣幾分必傳過此銅絲而過測電氣器之電氣數必減小針之偏亦減小若去此銅絲則針之偏仍依發電氣器之力原為如針偏十度至十二度用銅絲後減至二度至三度觀原偏數與用銅絲減小之偏數能知成他各偏數當用若干力也

第一百八十八圖

以倍數器所用之各數作式明定顯電氣器之度分

熱之源離發電氣器之遠至能偏五度以銅絲連亥亥二杯則偏一·五度再以熱之源移近得偏五度十度十五度二十度三十五度三十度四十度四十五度各同用此銅絲連亥亥二杯而得偏一·五度三度四·五度六三度八四度十一二度十五三度二十二四度二十九七度設以原力之偏數為一則各力之偏數可用下比例求之

一·五乘五得千甲則 $\frac{一·五}{五}=\frac{甲}{千}$

甲為減小力之偏數天為 $\frac{甲}{天}=\frac{一·五}{五}$

各他減小力之偏數故減小之力與原力比若各他減小之力與相配之原力比因得其偏為五度十度十五度二十度二十五度三十度而相配之力為五十十五二二十一二十八三十七三故器內自○至十五度其力與度數相同過十五度則不相同度數愈加大其差愈加多

右各度數以五進位又其中各度數相配之力可用推算或繪圖而得之畫圖之法雖不能甚準而已可用

依此法可作表如下

偏度	十三度	十四度	十五度	十六度	十七度	十八度	十九度	二十度	二十一度	二十二度	二十三度	二十四度	二十五度	二十六度	二十七度	二十八度	二十九度	三十度
力數	十三	十四·二	十五·二	十六·三	十七·四	十八·六	十九·八	二十一	二十二·三	二十三·五	二十四·九	二十六·四	二十八	二十九·七	三十一·五	三十三·四	三十五·三	三十七·三
較數	一·二	一·二	一·一	一·一	一·二	一·二	一·二	一·三										
較數	一·四	一·五	一·六	一·七	一·八	一·九	一·九	二										

表內十三度以前者因其力數與度數相同也

自○度至三十度各度相配之力數已知則三十度以上如三十五度四十度四十五度等相配之力數易得矣此三弧角度減小之偏數十五·三度二十二·四度二十九·七度

如將十五度依前推算之其力等於十五·二將小數○·三以較數一·三乘之較數為十五度與十六度間之數應有比例為一與一·一等於○·三又天等於○·三所以第三十五度減小之偏數不能為十五三而為十五·二加○·三等於十五·五又以同法得四十度之數為二十三·五加六等

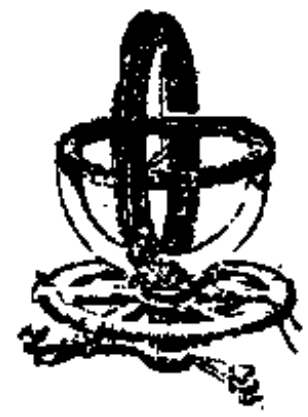
於二十四·一而非二十三·四又得四十五度減小之數爲三十六·七而非二十九·七

減小之三偏數爲十五·五度二十四·一度三十六·七減再必以其式三·三三甲推算力數得三十五度四十度四十五各度之力數爲五十一·七八十一·二一百二十二·三將此各數與前各數相比可知過三十度之偏則靈動減小

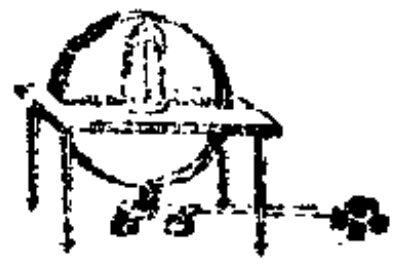
切線測電氣器 第一百四十二節

前器極詳細極靈動能顯電氣之有否與方向而難測電氣之數測電氣之數者當用切線測器常用者如第一百八十九圖第一百九十圖用銅皮一條外包蚕絲而成圈立安于有度分之平圈外而合吸鐵經線圈中以蚕絲挂極濃吸鐵氣之指南針電氣傳過銅皮圈針必偏針偏角度之切線即電氣力數故名爲切線測器指南針小而短連長紅銅以指角度角之切線可

第一百八十九圖



第一百九十圖



檢八線表得之針偏大於七十度則數不甚準加之力雖大而所加之角度仍小而難分也以電氣傳過測化分器如前第一百五十九圖與此器內則可知電氣化分力與吸鐵力之比例故兼能定化分力也

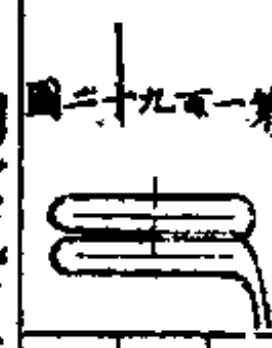
正弦測電氣器 第一百四十三節

正弦測電氣器如第一百九十一圖銅絲圈立安於度分面上之中而同能旋轉銅絲圈中挂指南針偏角度之正弦有比將銅絲圈先合于吸鐵經線而以電氣傳過則指南針爲所引而偏將銅圈轉動至方向與針之新方向相合用顯微鏡察其平行否再觀圈外之度分面則知銅圈已轉若干度轉過之角度爲針與吸鐵經線所成之角度又能指使針偏之電氣力亦等於地球吸鐵之平面力即使指南針歸指南北之力因此力等於所偏角度之正弦則電氣力亦必等于角度之正弦角度之正弦檢八線可得之由此可知電氣力數惟此器之用測大力電氣爲便

電氣力極微如熱電氣等則右各測器皆不合用因其銅絲太細太長微電氣不能勝銅質之阻力也測微電氣之器所用之銅絲僅可繞針數圈最小者徑必三十分寸之一費克那曰可獨用紅銅片一條與無定向而最易轉動之針如第一百九十二圖

第一百九十一圖

第一百九十二圖



測電氣力比例器第一百四十四節

顯兩電氣路力之比例所用之器用二銅絲繞於一架若有同力之二電氣以對面方向傳過二銅絲則針必在。度若一電氣大於又一電氣則針必偏觀針之偏數知二電氣大小之比例

唐孫回光鏡測器第一百四十五節

其器如第一百九十三圖用小吸針連於玻璃回光鏡之背鏡與吸鐵共重一英釐半用極細之蚕絲挂於盒內盒在圓箱內能移動圓箱內有銅絲圈試熱電氣者用粗而短之銅絲為之試化電氣者用長而細之銅絲為之圈之各層甚近於吸鐵針所以能顯最大之力圈有小圈孔向心而開不長於其回光鏡回光鏡前有透光凸鏡另有燈在架上架有能移動之分度面燈光直照于回光鏡回光鏡將光返回透凸鏡而聚光在燈前之度分面吸鐵針與鏡偏左右度分面上影亦偏左右吸鐵與鏡稍偏動而分度面之影多偏動故影所移動之數與電氣力有比。

第一百九十三圖

圓箱之頂有立桿立桿橫有吸鐵條能移上下又有切線螺絲能使吸鐵條稍平轉將吸鐵條移上移下可得一處恰滅地球之吸鐵力而吸鐵針不受地球之吸鐵力而可無定向也

唐生船上測器第一百四十六節

船上測器測電氣可與陸地相同用蚕絲挂吸鐵針與回光鏡之重心而上下繫緊於架架能移回光鏡不動分度面上之影亦不動銅絲圈與吸鐵針與鏡盛於甚厚之軟鐵箱內箱外有彎吸鐵條力大於地球吸力用此器可於船上測化電氣無論浪大而船大搖動行改方向絕無差雖忽然振動亦不壞無金類之節或鉸鏈能生銹今時電學家多知此器之妙已用多年可測二力之比例可將銅絲圈與韋思敦測阻力器加第一百四十八圖並用又所照光點之動法可指各意而受人所報來之信以電報之用

英國 傅蘭雅 口譯
無錫 徐建寅 筆述

英國瑞挨德著

回司對特考得電氣吸鐵之理 第一百四十七節

嘉慶二十四年回司對特考知吸鐵針近於發電氣器傳電氣之銅絲或炭或鹽類水皆速偏方向所得之新方向依吸鐵針與電氣路相與之方位

試電氣吸鐵之器如第一百九十四圖丁為傳電氣之銅線兩端入甲甲二木柱上水銀杯丙丙之內午為吸鐵針橫於甚尖之立針上此針易於上下至銅絲丁之上或下以螺絲丙定之銅絲丁正合吸鐵經線而正在吸鐵針上有電氣傳過則針近于電氣負極之端必偏西若銅絲正在吸鐵針下則針近于電氣負極之端必偏東銅絲與針平行而與針同在一個地平面則針必依立平面轉動銅絲在針之西則針近於電氣負極之端必偏向下若銅在針之東則近於負極之端偏向上

第一百九十四圖

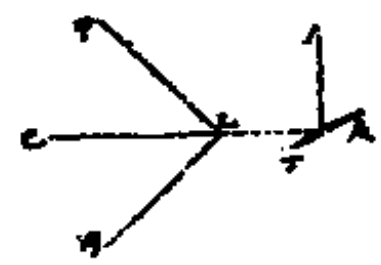
考電氣吸鐵必識吸鐵針與電氣路之相關欲識之有便法設人在河內逆水而划船以水流代電氣之傳行人背向上流則針之北極向其左手而偏人面向上流則針之北極向其右手而偏

針之偏數與傳過電氣之濃相關昔時考電氣各事之人所用者為靜電氣其未得電氣吸鐵氣之故或因此也

電氣吸鐵力之例 第一百四十八節

電氣傳過無窮長之直線則電氣吸鐵力與針距電氣路之數有反比此為皮何與何法利所像之理辣不辣司徵電路之剖面能動針之力與電氣路距針之平方有反比與別種攝力相同又與電氣路過剖面心傳行之方向交針之角之正弦有比依理推算小針所受電氣傳行直線力或大或小之和知力與相距有反比試之悉合可知電氣傳過角形路如第一百九十五圖甲乙丙其角度無論大小所令小針受之電氣力與乙丁相距有反比亦與角形之半角甲乙已之切線有比

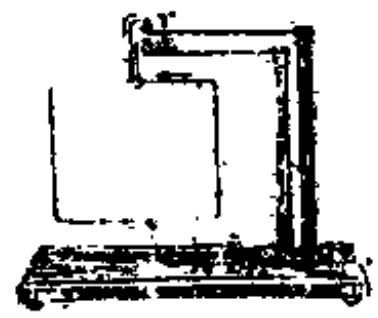
第一百九十五圖



吸鐵條與電氣傳行之性 第一百四十九節

安派而所設之器如第一百九十六圖可顯吸鐵之二極與電氣傳行之相關甲乙為二金類柱下端連於底板丙

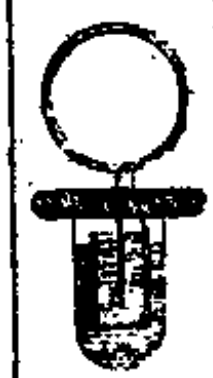
第一百九十六圖



柱頂平連銅桿其端各有盛水銀之杯如丁戊以銅絲彎成長方形兩端彎向上而再彎向下成鉤鉤于二杯之水銀內以發電氣之一極連一柱之下端又一極連又一柱之下端電氣傳過若依圖內箭之方向則將吸鐵條安於銅絲之下而平行銅絲即動至與吸鐵條正交而停如換電氣之方向或倒吸鐵條之方向則銅絲必轉動一百八十度至再與吸鐵條正交而停

銅絲長方形若長十八寸至二尺而傳過電氣有大力則能受地球吸鐵氣之力至與吸鐵經線正交而停地球之吸鐵性與吸鐵條之吸鐵性南北相反故銅絲亦必相反得辣利所設之小器如第一百九十七圖亦能顯吸鐵條與能動之傳電氣銅絲相與之性傳電氣銅絲外包蠶絲而繞成數層之圈圈外再包羅絲銅絲之一端銲連于鋅板一端銲連于銅板銅板圍於鋅板之外二者同安于小玻璃管內上加軟木蓋使之能浮而浮于水盆內再將淡硫強水盛于管內則發電氣而銅絲圈有吸鐵性不動之則圈之平面必自恆能向東西將大力吸鐵條近之

第一百九十七圖



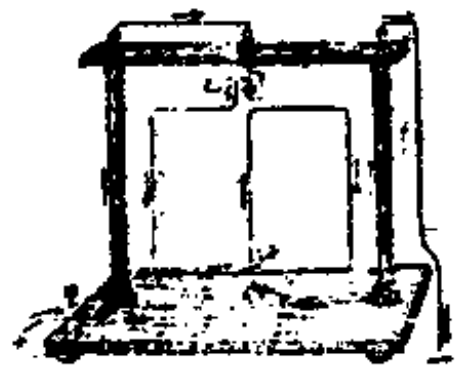
第一百九十八圖

則顯推引之性甚大如將銅絲圈安于木小盆水小盆外上漆如第一百九十八圖亦浮於水盆內則比玻璃管更便而與吸鐵條相距數寸亦能推

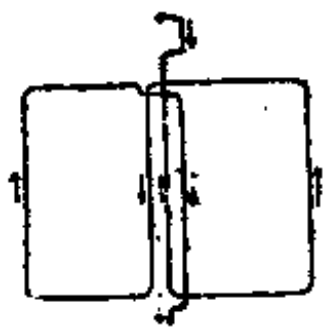
銅絲繞成平螺絲而掛之至能最便轉動如第一百九十九圖以化電氣傳過則平螺絲之平面必向東西正電氣在西邊上而在東邊下同于時辰表直立而面對南也表針所行之方向平螺絲向北之邊如吸鐵條之北極向南之邊如吸鐵條之南極二邊俱能吸鐵屑

第一百九十九圖

第二百圖



第二百一圖



平行兩電氣傳行之性 第一百五十節

兩銅絲同時有電氣傳過而一銅絲能移動則能或相引或相推俱依電氣之方向兩銅絲傳之電氣若同方向則相引異方向則相推以兩圈可明之如第二百圖以發電器五六件之正極連於水銀杯甲電氣由左柱向上而過水銀杯乙循長方形銅絲至水銀杯丙而向右柱連於負極圖

內之箭合電氣傳之方向而柱內與銅絲內相同故銅絲必爲柱內電氣所推若用如第二百一圖之長方形銅絲則柱內與銅絲內相異故銅絲必爲柱內電氣所引此皆安比而初考得也

電氣傳行角形曲路之性 第一百五十一節

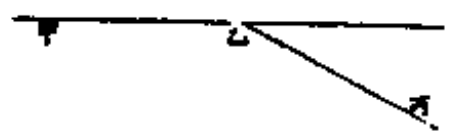
兩傳電氣銅絲如第二百二圖甲乙與丙丁在未點相交

第二百二圖

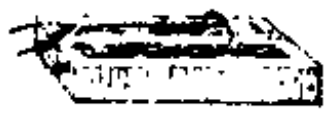
則甲未與丙未必相引因甲未與丙未向未點相近又乙未與丁未亦相引因未乙與未丁自未點相離也甲未與未丁必相推因甲未與丙未向未點相近又丙未與未乙相推而未乙與未丁相離也

電氣傳行角形曲路如第二百三圖甲乙丙則電氣有欲變成直路之性其甲乙乙丙彼此相推有令乙丙至與甲乙成直線之性已成直線仍有推之之性故電氣傳行直線路則各分彼此相推安比而用法徵之用木塊作孔如第二百四圖以難傳之面甲乙分隔成二艙再將蠟絲包之銅絲彎成曲折如丙用蠟包之兩端各作彎與孔內水銀相切以大力電氣傳過之則銅絲速退可知銅絲與

第二百三圖



第二百四圖

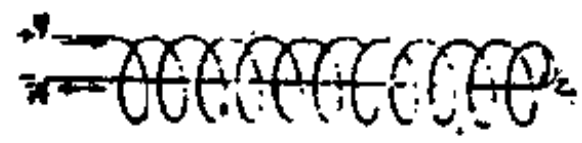


水銀有彼此相推之性

電氣行曲線路 第一百五十二節

電氣循迭更偏左右之曲線前行其力與循同長之直線前行之力相同直線與曲線相連名爲蘇倫諾如第二百五圖將銅絲繞成螺絲圈而一端彎過直過各圈之中以電氣傳過則自甲乙曲線路電氣前行之力爲乙丙直線路電氣前行之力所減故所餘之電氣力僅等於平行圈路與中線正交之力惟定線與動線各有電氣傳過則定線之電氣能使同向電氣之動線與已平行故將蘇倫諾挂于立軸而任其轉動以電氣連傳過直線與蘇倫諾則蘇倫諾必轉過至圈與直線平行如第二百六圖用蘇倫諾挂于二水銀杯內使便于立轉以大力化電氣傳過下直線則蘇倫諾能轉過與下直線正交而各圈與下直線平行直線若直立於蘇倫諾之一端則蘇倫諾或引或推依電氣之向或同或異如用二蘇倫諾則其引推之性與二吸鐵條相同如用蘇倫諾與吸鐵條則蘇倫諾亦與吸鐵條相同以

第二百五圖



第二百六圖

大力電氣傳過蘇倫諾則蘇倫諾之中線能與指南針之中線平行銅絲自左至右而繞如第二百七圖則電氣進之端爲南極銅絲自右至左而繞如第二百八圖則電氣進之一端爲北極

第二百七圖

第二百八圖

路失朔造之螺絲圈如第二百九圖能顯電氣傳過之向相同銅絲彼此能相引之驗用極細之銅絲繞成螺絲圈上端挂於架下端恰入水銀內以電氣傳過之則各圈彼此相引而縮短下端即離水銀而電氣斷各圈即不相引而再放長下端再入水銀內各圈再相引而縮短如此上下之動甚速

第二百九圖

吸鐵氣之理 第一百五十三節

乾隆二十四年以比奴司初言吸鐵氣之理依弗蘭克令電氣之理而分四條

一容吸鐵氣之條同性之極彼此相推其力與相距有反比

二吸鐵條之質點能引鐵質點又能爲鐵質點所引

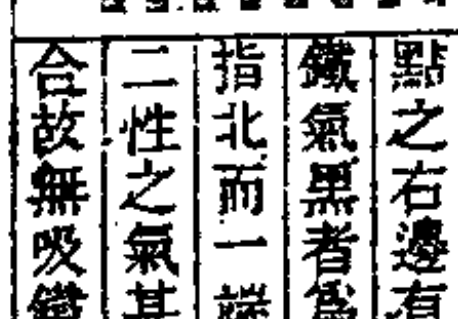
三吸鐵條之質點能推鐵質點又能爲鐵質點所推

四吸鐵條移過鐵與軟鋼之面則吸鐵氣入其質點之間而無所事若移過硬鋼之面則鋼愈硬而吸鐵氣愈難入極堅之鋼與鐵礦其入極難

引推之理可自此明之若一吸鐵條分爲二分而各分皆有南北二極之理尚不能自此而明因依此理則分爲二分必一分全爲南一分全爲北也故以比奴司另設理云分爲二分時則南北之相定有亂而吸鐵氣之一分自多之一邊散出又有一分在少之一邊補滿也

固倫伯之理云吸鐵條係極細極多質之點合成而每質點各有南北二性之吸鐵氣而其力或僅在鐵質點之間所現也準此理則質點之狀如第二百十圖質點之右邊有一種吸鐵氣而左邊又有一種吸鐵氣黑者爲北白者爲南故合成全条亦一端指北而一端指南也凡鐵之每質點皆相連此二性之氣甚親不能相離尋常軟鐵則二氣化合故無吸鐵力若使二氣化分而一種聚在鐵質點之此邊一種聚在鐵質點之彼邊則有吸鐵力矣

第一百十圖



安比而電氣動力之理 第一百五十四節

安比而謂吸鐵條爲多平行之質紋所成每質紋又皆是

質點所成每質點各有電氣繞之而轉行其轉行成平面與質紋之軸正交無吸鐵性之鐵條則電氣藏于內而不現有吸鐵性之鐵條則電氣順時辰表針而轉之端有南極之性逆時辰表針而轉之端有北極之性

質紋平臥而北極向北南極向南則電氣轉行如第二百十一圖在上面者自西向東在東面者自上向下在下面者自東向西在西面者自下向上同性二極相推異性二極相引俱因此理與電氣以異向傳過二銅絲彼此相推電氣以同向傳二銅絲過彼此相引同理也

第二百十一圖

第二百十二圖

第二百十三圖

同性二極相近如第二百十二圖相切之面電氣以異向傳過故相推異性二極相近如第二百十三圖相切之面電氣以同向傳過故相引

各質紋如此連成吸鐵條則電氣仍常繞其外面而轉行如第二百十四圖為圓吸鐵條剖面之假形中圈為質紋每相近之二質紋電氣以異向傳行而彼此相滅近周之質紋電氣不滅故外面能有吸鐵力

第二百十四圖

吸鐵條與傳電氣線能彼此成正交即因吸鐵條有電氣繞行也吸鐵條與傳電氣線之相關如第二百十五圖申卯為吸鐵條己卯為傳電氣線箭頭指電氣傳行之向電氣繞行之平面與吸鐵條中線正交故銅絲己卯與吸鐵条之中線正交則傳過之電氣能與吸鐵条繞行之電氣平行軟鐵與吸鐵条之一極相切而受附吸鐵氣由此可明之如第二百十六圖申乙為吸鐵条丙丁為軟鐵条二條相切則吸鐵條能使軟鐵条有同向之電氣繞行故人對吸鐵条之乙端見其電氣自右向左而轉轉身對軟鐵条之丙端則見其電氣自左向右而轉南北極既全賴電氣轉行之向故乙端與丙端必異性丁端與乙端必同性丙端與甲端亦同性也一吸鐵条分為兩段斷處為異性即此理曾用極深之算學考之知其有微自此理可明吸鐵条與電氣之相關及吸鐵条與電氣吸鐵諸事惟安比而尚未明橫吸鐵之理故後人又將安比而之理通於橫吸鐵謂橫吸鐵質內電氣轉動之向與吸鐵質內電氣轉動之向有異或在無電氣處能使有電氣傳行也若吸鐵質則不過勉強其質點內各自不同向之電氣使之循定向而傳行

第二百十五圖　第二百十六圖

也韋伯又踵安比而之理而增之云質點內有一種電氣傳行原無定向至遇吸鐵条始有定向而其向與直吸鐵之向相反故此物名爲橫吸鐵質

銅絲圈傳電氣而能吸鐵法辣待之原論云吸鐵条遇軟鐵使軟鐵有吸鐵力不能大於原有之吸鐵力銅絲圈傳電氣使圈中之軟鐵有吸鐵力能大于原有之吸鐵力百餘倍

杜拉利夫云安比而與韋伯二人之意俱不差其理以爲各質點有同性之電氣依質點原性之一分恆能圍環傳行其力與速恆不滅其每質點之電氣自外通過質點之徑（此徑可爲質點之軸）而流出於外四面分散至各處而在其軸之對面積聚再入質點內循環而行周而復始不絕其積聚之點與四散之點即爲其力之極點

某體積內若質點甚近甚多則恐數質點能合成一圈而其流動之電氣可彼此相合而不如前之在各質點外面返回如此即成吸鐵條之大質點顯明安比而質點流行電氣之理某體積若質點相距遠而少或易傳而電氣傳過其面與通過其徑軸同易則數質點不能合成一幅之吸鐵條之大質點但因有外吸鐵氣與流動電氣則有成附電氣之類而合於韋伯反行電氣之理

法辣待考得吸鐵之理 第一百五十五節

法辣待用附吸鐵電氣測試吸鐵力所有附電氣之數與發電氣銅絲遇吸鐵条之大數有比（見第六十五節第四段）如第二百十七圖以吸鐵條入于銅絲單圈內面不動則測器立偏八度使發電氣二次即先取去吸鐵條次將銅絲之一端自水銀杯取出再放入而以吸鐵條再放入于圈內則偏十五七五度三次則偏二十三八七度四次則偏三十一六六度

第二百十七圖

吸鐵力在吸鐵條之內及周圍位置甚簡甚整齊故將銅絲一段自吸鐵條之吸鐵赤道某點穿吸鐵軸至對面之某點則必與所過橫剖面之一切吸鐵力線相交又以銅絲一段自吸鐵條一端循吸鐵軸至吸鐵赤道之某點則必交大平面全吸鐵曲線之半又銅絲一段在吸鐵條之外自一極循吸鐵軸至彼極徑過赤道則不受附電氣因與大平面內之外線之半在異向二次而交也

各種金類絲移過吸鐵力線所受之附電氣力與能傳電氣之力有比

用銅絲則測器之針偏	三十六度
用銀絲	六十一。九度
用鋅絲	三十一。度

用錫絲　十九○一度
用鐵絲　十八度
用鉑絲　十六○九度
用鉛絲　十二○二度

法辣待謂吸鐵極之力係吸鐵力線一分內之相對二端所現惟此性非現或引或推也將吸鐵針置于周圍有吸鐵力相等之處則不能顯二極之性因針能顯二極之性而亂其力之平勻也若將銅絲移過吸鐵力線即能現全吸鐵力而不亂其力之平勻

法辣待云吸鐵力線有雙性以相異之二吸鐵力有相關與靜電氣不能獨有一性而無相配者同理故吸鐵條不能獨指北而無指南反之亦然吸鐵條二極外之力與其曲線亦有相關故將第二吸鐵條置于近處則第二條力線之位置雖能改而其和數不改其力線必為相連之曲線而曲線路中必有一處過吸鐵條又一處過周圍之空氣用銅絲移動於其面之法可得其據故法辣待由此以吸鐵力線為實有之物

電氣與吸鐵氣相似之狀　第一百五十六節

吸鐵條與化器不連別物之外力線其位置相似惟化器之力線不直過器之中故將化器當中分開則當中不現正負電氣之性又無新發附電氣力之性而所分開之二分各存正負之性吸鐵條之力線則直過條之中故將條當中分開則有新發之力而外線無定南北之處

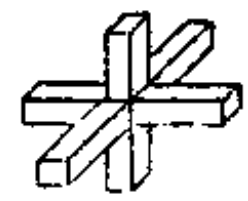
安比而與兌飛徵過電氣傳行有欲漲長之性吸鐵力軸有欲縮短之性電氣傳行同向者彼此相引吸鐵力線同向者彼此相推故初見必謂不相似而相反然知其立軸彼此正交則知電氣與吸鐵力相同也如異性之二吸鐵極面相切彼此相推異性之二電氣力而如此亦彼此相推同性之二吸鐵極面相切彼此相引同性之二電氣力亦然同性流動電氣其端相對其數不加如化器加板之數電氣數不能相增又同性吸鐵極之面相切吸鐵數亦不相增同性流動電氣相並即大板化器與小板化器相並電氣數能相增同性吸鐵力相並吸鐵數亦增

無吸鐵力之處　第一百五十七節

法辣待將吸鐵條六條各以同性之極相湊如第二百十八圖中成小方孔小方孔內安小指南針針絕不受吸鐵力又在孔中挂鉛粒亦然以鐵屑撒于紙上安於孔內則吸鐵力在中心絕不顯而近於外角則稍顯再以繞多次之銅絲圈安於小方孔內而連極將之顯器亦絕不見有電氣可知大力吸鐵條同性之極所湊成之小方孔絕

無吸鐵性同于金類空球積摩電氣球內絕無電氣也此以正負二性不能同時在孔內而既無第一性則亦無第二性也法辣待意謂吸鐵條乃雙性力之源其雙性

第二百十八圖



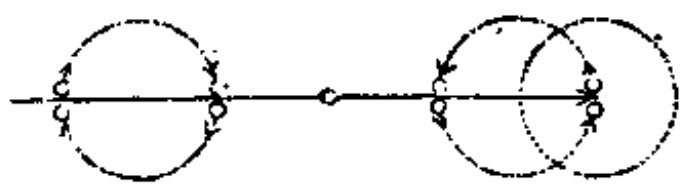
彼此必相關無此相關則不能有其性其相關即吸鐵力曲線也吸鐵條周圍之空氣內必有此曲線試在空氣內以紅銅或水銀等近吸鐵條而移動即可發吸鐵電氣也吸鐵條能容吸鐵氣之數大小不同俱在乎相連其兩極之物如以鐵相連其兩極則力大如以空氣相連其兩極則力小如以鉍相連其兩極則力亦小故吸鐵條周圍無物連其兩極則吸鐵力絕無若吸鐵條周圍空氣之內有更大力之吸鐵氣則吸鐵條之力減小矣各吸鐵線在二極皆一向而在各處則有各向因遇吸鐵條周圍之物而相近或相離也

法辣待初試電氣吸鐵力 第一百五十八節

法辣待初試指南針與傳電氣線所成方向時偶得電氣吸鐵之數新理將傳電氣線直立而以指南針移於各處試之知線在南北二邊各有二引點與二推點將指南針置於銅絲之東而使北極與中之間近于銅絲則相引再以北極近於銅絲則相推若指南針置於銅絲之西而如前則相反

傳電氣銅絲直立而近于指南針之極其極即偏過偏之多少依其引推之較力銅絲若近于針之中偏即減少再近於針之中則絕不偏至對於中而針之偏相反可知針兩端之力心即極點非在針之端而在距端少許此力心有欲繞銅絲而轉之性銅絲亦有繞此力心而轉之性若銅絲在針之他邊則方向相反而理相同可知各極點之感動銅絲與相近之極點及對面之極點不相關銅絲與針彼此所成之各向如第二百十九圖圖為現力之極點箭頭為指銅絲在各處欲向極點而轉之性可知

第二百十九圖



有傳電氣之銅絲與吸鐵之二極無相引之力惟銅絲欲繞吸鐵極而轉而吸鐵極亦欲繞銅絲而轉也

電氣吸鐵轉動之器 第一百五十九節

電氣吸鐵轉動之理法辣待有五法以顯之

一吸鐵極繞銅絲而轉如第二百二十圖卯申爲吸鐵條用絲線連於彎紅銅絲丁丙爲彎紅銅絲通過杯底杯內滿盛水銀甲乙亦爲紅銅絲以化電氣自上銅絲傳過水銀向下至下銅絲則吸鐵條北極繞甲乙銅絲而轉轉之方向自東而南而西依時辰表針之向化電氣自下向上則轉之向相反

第二百二十圖

二銅絲繞吸鐵條極而轉如第二百二十一圖以吸鐵條通小木杯之底杯內盛水銀極點恰出水銀之面杯口相連玻璃管玻璃管上有木冒木冒上又有盛水銀之杯有銅絲自水銀通過上杯之底而下作一鈎另挂銅絲以化電氣傳過則此銅絲速繞吸鐵極而轉若吸鐵亦作能轉動者則二物能以同向繞公心而轉有彼此相追之狀

第二百二十一圖

三吸鐵條繞本軸而轉法使電氣傳過吸鐵條之半段即行傳出不使再傳過餘半段其吸鐵條若直立而北極在上以電氣自上向下至中點而傳出北極必自右向左而轉若不傳出而竟傳至南極則南極又必自左向右而轉故彼此相阻而不能轉此乃安比而所翔華京司仿之而造器如第二百二十二圖吸鐵條之兩端作甚尖下尖在瑪瑙杯內上尖在直螺絲之孔內螺絲上有小輪便旋轉用二水銀杯一在吸鐵條之中點一在吸鐵條之下端以電氣連此二水銀杯則電氣自吸鐵條端傳至中點而傳出吸鐵條即旋轉矣

第二百二十二圖

四傳電氣物繞本軸而轉如第二百二十三圖用彎吸鐵條外各連圓木杯而端之上各有小孔木杯內盛滿水銀另以有底紅銅管二底內各有尖針各倒奚于彎吸鐵條令尖針入於吸鐵條端之小孔內底外作小凹亦盛水銀紅銅管之口在木杯之水銀內以電氣傳於管底外小凹內之水銀由管傳至下水銀管即旋轉若由化器並連二管底外之水銀而電氣連於下之二水銀及二木杯內之水銀則二管以異向旋轉若以化器之二極連於二木杯之水銀而另以一銅絲連二管底外之水銀則二管以同向旋轉

第二百二十三圖

五化器繞吸鐵極旋動指南針挂於化器上亦以吸鐵氣而偏化器既能動指南針則吸鐵條亦必能動化器安比而所設之器如第二百二十四

第二百二十四圖

圓用圓柱形雙層有底紅銅管上有彎担挂于吸鐵條之極上又有鋅管亦有彎担挂于銅管彎担之上而鋅管入於紅銅管雙層之間雙層之間盛淡硫强水則發電氣銅管與鋅管以異向速動彎吸鐵條之兩極上各套一器則二器亦以異向速轉

傳電氣銅絲之吸鐵性 第一百六十節

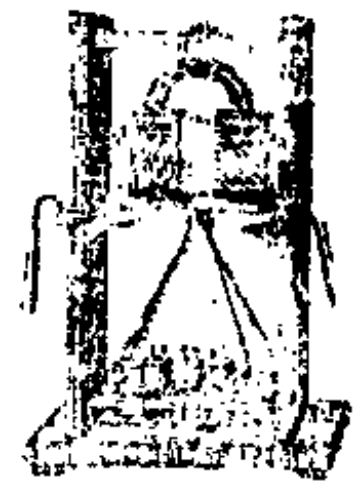
連于化器兩極之銅絲有電氣傳過時能吸鐵屑將小銅針與銅絲正交則變爲指南針以銅絲繞成螺絲形圈而以鐵針或鋼針入於圈內則所得吸鐵力更大其針之南北極依螺絲繞之向螺絲自左繞至右則電氣傳入之端爲北極自右繞至左則電氣傳入之端爲南極

化電氣能變鐵有吸鐵力其顯甚速電氣一傳銅條能速受盡所有之吸鐵力哈而倫人以利何司以電氣傳過螺絲圈成大銅吸鐵條見第六十四節第六條波得告又以電氣傳過銅片繞成之螺絲圈將堅鑄鋼條重六磅入圈內移動往復一次即容滿吸鐵氣

電氣吸鐵條 第一百六十一節

軟鐵條用法以受電氣之力則能有吸鐵力甚速甚大電氣力苦絕則吸鐵力亦速絕因軟鐵之質性阻吸鐵氣之二性化分化合之力俱甚小也常式之電氣彎吸鐵條如

第二百二十五圖



包蘸絲亦必厚吸鐵力之大小與銅絲徑之大小圈徑圈長之大小電氣數之多少有比

特白試銅絲圈云吸鐵條能偏指南針之力與圈徑之平方根有比能挂重之力與圈徑有比

連于與亞果皮與墨辣三人考得電氣吸鐵力之例以寅爲電氣吸鐵條之吸鐵力卯爲銅絲繞之轉數丁爲軟鐵之徑午爲所傳之電氣數丙爲常乘數則

寅＝丙卯午丁

長甚大于徑之鐵條而用淡電氣力銅絲繞之轉數不甚多而外圈加力於鐵條不減小者可用此式求其力電報所用之電氣吸鐵條俱合於此式

觀式內知寅午卯三者同增但卯若減則午亦同減此以爲電氣力恆不變也可知銅絲阻力與電氣路餘各件阻力之比例必合定例則能得極大之吸鐵力其定例爲銅絲圈之阻力等于電氣路餘各件之阻力等于即傳電氣

第二百二十五圖將銅絲外包蘸絲而以同向多次繞於二木管外成圈如甲乙套于吸鐵條二支之外鐵條大者銅絲亦必大外

線及化器內之阻力則吸鐵力極大

法富試前各事而得五例其一電氣吸鐵條能挂之重依吸鐵氣之濃而軟鐵所顯吸鐵氣之濃與銅絲圈內傳過電氣之數有比其二傳過電氣之數相同而加減銅絲之轉數則能挂之重與轉數有比即諸轉數所有之共力等于每轉所有之力之和也其三能挂之重與電氣吸鐵條之體積有比長相同則與條徑有比其四能挂之重與鐵質純軟勻有比其五能挂之重與其形亦相關大小相同則方條力最小圓條稍大圓管剖去一片而橫剖面如馬足鐵者力益大極點之面稍作凹力亦增大

銅絲繞于管外必用數條分繞各條之端相聚而連至化器使電氣仍以同向傳過各銅絲

烈起考得吸鐵條短而極點相近鐵好而軟則電氣斷後所能存吸鐵力之時甚暫吸鐵條甚長則電氣斷後所能存吸鐵力之時久又考得電氣吸鐵條之短者雖能挂甚重之物而不能使彎鋼條久存吸鐵氣電氣吸鐵條長四尺者能挂之重不大于短者而能使彎鋼條久存吸鐵氣

軟鐵受放吸鐵氣而發聲 第一百六十二節

用包蠶絲之銅絲繞於長鐵條一端之外而將此端直切于增音板以電氣傳過銅絲能發樂音甚大有皮得生者

橫挂鐵條使易擺動而端切增音板鐵條外繞銅絲而不切鐵條以電氣斷續傳過則鐵條其在內擺動而發音略同小鐘之音又考電氣一傳而發音則鐵質忽漲大電氣一斷而音絕則鐵質忽縮小此漲縮因鐵受吸鐵力而亂質點之位置與電氣之能發熱無涉固路法設法試之用玻璃管二端密封旁有孔以盛水入內中和磁石粉自管之此端過彼端觀稍遠之物則為亂列之磁石粉所隔而透之光少見物不清若管外繞銅絲而以電氣傳過則磁石粉有定列而透之光多見物能清田大里云鐵條因電氣而變有吸鐵力時忽然漲長者其質點之長軸順條之兩端也試將紙安于平面之吸鐵條上而散鐵屑于紙面則鐵屑每粒之長軸必順吸鐵曲線之向同此理也

電氣吸鐵發動之器 第一百六十三節

電氣力不大能使軟鐵條顯大吸鐵力且可忽有忽無忽反故可作發動之器初以為甚善甚廉迨後多人歷試多法知大不如汽機也近知欲得能力與汽機相同則所用之鋅與強水其價甚大於汽機所用之煤且吸鐵力僅在相切時能大而不相切時則甚小其減小不止力與相距之平方有反比故廉力亦甚大於汽機之廉熱也其便當者無險無污無熱安置無擇處息時無徒費如此而已欲

此各益而費大可不計者用之最宜

杜門得曾試電氣吸鐵發動之器而得三理其一能力之大用費之省雖俱不及汽機而用於合宜之事則有大益其二欲發大能力固大不及汽機而欲發小能力則與汽機相埒而或更善凡機器甚小不足用汽機運動而用無定時且忽停忽用者則用此甚善於汽機也其三往復運動者縻力小而能力大勝於轉動者因附電氣之弊小也

道光十四年俄國京都人亞果皮造電氣吸鐵發動之器能顯大力十八年安于船內船長二十八尺闊七尺半入水深二尺八寸坐十人至十二人初用十槳划之後用電氣吸鐵器以運動明輪在濠法河行走初時電氣力不准電氣吸鐵器不精而船常致停迨後修改至能連行數日而每小時能行四英里十九年又試之坐十四人能逆流而行每小時三英里用化器共六十四件每件鋅片之面積三十六方寸用硝强水與硫强水

道光三十年貝知作電氣吸鐵發動之器其說曰鋼絲圈直立而連于大力化器圈內安鐵條能受附吸鐵氣而不落下人手引之使稍下放後自能向上其能往復俱賴此惟獨用一銅絲圈則力點有極大與極小之病當用數短圈相接成長圈各短圈不相連而逐一受電氣力則鐵條在圈內能來往甚速而平勻惟此器換電氣之向時發次電氣而有縻力故自昔至今不能大用也

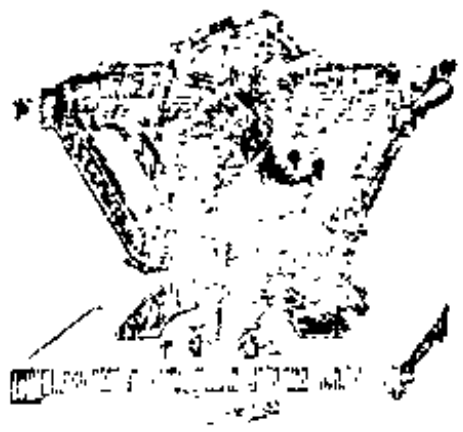
其器有五馬力化器之共體積三立方尺用往復之法往復路二尺發動器與化器共重約一頓自云每日消化鋅三磅有一馬力

時勒云此器之最精者用固路法化器每馬力二十四小時消化鋅四十五磅用但尼里化器每馬力二十四小時消化鋅七十五磅

弗色利與貝那與兌拉與兌非生與打薄得俱設此器費皆甚大兌非生者道光二十二年所造發動器與化器共重五頓在鐵路行走僅能得速每小時四英里不及一人之力

法國造天文算學器者弗路曼得作此器運動數種精細

第二百二十六圖



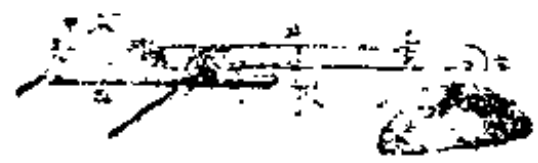
機器式如第二百二十六圖卯寅爲生鐵架下有底板中容電氣吸鐵條四件甲乙爲傳電氣之線丙丁爲生鐵輪周外有軟鐵八條轉動之時軟鐵條極近於電氣吸鐵條而不相切將近時即傳電氣至正對時即絕各

條迭更而使輪轉動。

傳斷電氣之器有圓弧如戊己定於生鐵架而連三小簧大輪之軸連小齒輪而同轉輪齒遇簧端小輪電氣即傳下一簧連下二吸鐵條旁二簧各連一旁吸鐵條吸鐵條僅能在甚近處題引力故小輪之位置必軟鐵甚近吸鐵而傳電氣至相對即斷所以電氣吸鐵條必多始能平勻轉動也

傳電氣之簧與小輪如第二百二十七圖甲乙丙丁為傳電氣之二簧各連於象牙塊如己而不相切丙丁簧端連小象牙輪如辛輕於寅卯齒輪之面齒輪過小輪則二簧相切而傳電氣戊庚為紅銅螺絲旋入象牙塊之端而過丙丁簧之孔與孔不相切而端對甲乙簧之庚點以消息二簧相切之久暫

第二百二十七圖

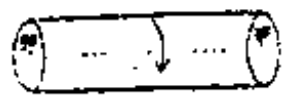


吸鐵氣過光所顯 第一百六十四節

英國瑙挨德著　英國傅蘭雅口譯
無錫徐建寅筆述

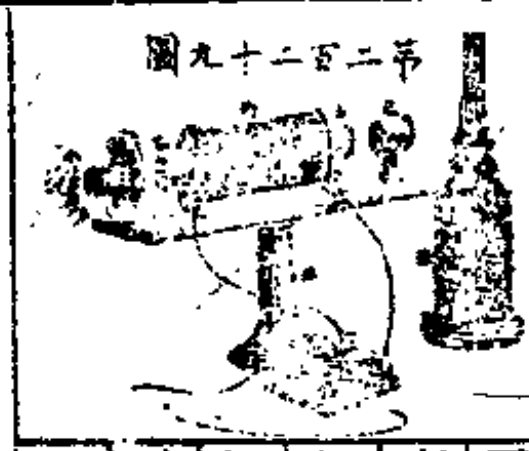
法辣待試知吸鐵力線經過數種透光質而與質之光線平行則見光線能轉動用果果勒三角鏡二一前一後後者以平軸轉動以空心燈之光線透過由前至後二鏡之間安極大力之電氣吸鐵條而二極順光線之方向二極相距約二寸如在光線之一邊則光線能相近而過如正對反邊則能過極之中而恒與吸鐵電氣力線平行或略平行或將含鉛養硇養與矽養之玻璃在二極之中以燈火之光線透過其長軸將後鏡轉動至不能見火形而以化電氣傳過則能久見火形電氣斷則火形速不見蓋吸鐵電氣力若自北極而去而吸鐵力線之向合於對人目之光線則能使光線向右邊而轉如第二百二十八圖卯申爲玻璃柱卯申中線爲吸鐵力線若在柱形外循周作線線內作箭頭如圖則執此柱對於目之前可知其理矣法辣待設法能自光線以見電氣力將玻璃管滿盛清水外繞長銅絲圈而置諸光線之內管前置燈火而以目鏡自後觀之則見火形將後鏡轉至不見火形以極大力之電氣傳過銅絲圈則速見火形而久不隱電氣斷則火形速不見其光線之轉動之向合銅絲繞轉之向

第二百二十八圖



薄得加所設之器如第二百二十九圖甲爲架庚巳爲二無色果果里三角鏡平安于架上二鏡中安銅管長六寸至八寸徑二寸至三寸二端鑲玻璃片乙辛爲蓋內盛岐光質如蒲萄酸或松香油或糖水等而安于銅絲圈內銅絲圈繞於薄鐵皮管外銅絲連於調換電氣之器此器連于固路法化器六件壬爲空心燈火光透過向前三角鏡己再過辛乙管內之水再過後三角鏡庚而至人目將後鏡轉至全不見火光即停而以電氣自前向右後而轉則北極在乙而南極在辛使吸鐵中線與光線相合在後鏡能久見紅色以調換電氣之器換其正負使電氣自後向前左而轉則北極在辛而南極在乙在後鏡內見藍綠色法辣待以水轉動之力爲元用大力電氣吸鐵二極相距三寸半得各質之數如左

第二百二十九圖



松香油　一一八

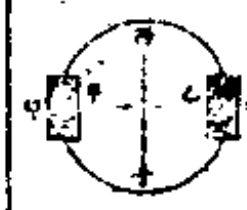
重玻璃	六、
火石玻	二、八
石鹽	二、二
水	一
醇	小于水
以脫	小于醇

吸鐵力能使透過之光轉動之力與其質原有轉動之力不相關無論何法令一岐光線透過松香油則依同法轉動同時向各方向行過之岐光線轉動俱有同力亦俱依公法即無論用何料其轉或俱向左或俱向右如用吸鐵或電氣力令松香油內之光線轉動則不如此而僅向一方向轉動其方向合吸鐵線正交線方向之平面因不能離此平面則反電氣之正負光轉動之向亦反無電氣時其光線轉動之方向恆特光線來之方向但令其轉動之力各方向各時皆有為流質之原質之原性惟傳電氣所有轉動之方向恆特吸鐵氣或電氣行動之方向此為原質之原性僅特吸鐵氣或電氣所以與之同變方向或同起同息也

萬物吸鐵性 第一百六十五節

道光二十五年博物會書有法辣待曰前人意萬物皆有吸鐵氣而力或甚小器粗而不能顯等說其說似是而實非今知名質雖能受大力吸鐵氣之搖動而其搖動與鐵不同如第二百三十圖卯申為吸鐵氣之二極甲乙為軸線丙丁為赤道線圓圈為吸鐵界以鐵等質挂於此界內則長徑與甲乙線平行以非鐵等質挂于界內長徑必與丙丁線平行

第二百三十圖



法辣待初試用含鉛養砷養與矽養之重玻璃條闊二寸厚半寸挂于大力電氣鑾吸鐵二極之中待其搖動已停以電氣傳過銅絲玻璃條立動成與吸鐵力線正交與其赤道平行雖屢移動之而仍自回至此式換電氣之正負玻璃仍至此式而與前相反若偏近一極則現推力用二玻璃條各近一極則各現推力而似二條自相引用立方形之玻璃如前挂於二極間則為極所推而欲兩邊離現吸鐵力之處又同時用一或二電氣吸鐵極則玻璃行成曲線形法辣待名之為橫吸鐵曲線以別於吸鐵曲線鉛養砷養等物名為橫吸鐵質以別於鐵等直吸鐵氣質法辣待將流質定質數種試其吸鐵之性或橫或直所得如左流質盛於玻璃小管內再封而試之

橫吸鐵質

水晶　石膏　銅養硫養　鈉養硫養　鐵養硫養
白礬　淡輕綠　鉛綠　鈉綠　鉀養淡養　鈉養炎養
愛司蒲水晶　鉛養草酸　鉀養果酸與鈉養果酸
果酸　檸檬酸　水　醇　以脫　白糖　小份
阿拉比膠　木　象牙　乾羊肉　生牛肉　硝強水
硫強水　鹽強水　碱類與土類質之水　蜜陀僧
玻璃　白信石　碘　燐　硫　松香　司柏末細得油
加非精　金雞哪皮　麻加力酸　失雷克成之蠟
橄欖油　松香油　石煤　象皮　乾牛肉　鮮血
動物皮　平果　饅頭

直吸鐵質

紙　火漆　鋼弗鑛　鉛養　筆鉛　炭墨　布國磁器
鉛丹　鋅養硫養　失雷克　繩身繩　不灰木　銀硃
土馬合　木炭

橫吸鐵質內以燐爲首將燐塊挂于尋常吸鐵條二極間可知之人身各質多爲此性將人挂于甚大吸鐵條二極間亦然

橫吸鐵性之氣質　第一百六十六節

道光二十七年板加拉利考得火炎在電氣吸鐵二極之間以電氣傳過火能推開電氣斷時回至原形

法辣待用電氣吸鐵與燭火試之知有三事燭火在二極之中橫吸鐵軸而似壓平之形如第二百三十一圖一也燭火稍高於二極則橫吸鐵軸而成魚尾形如第二百三十二圖二也燭火更高於二極而三分之二在上二極甚近相距爲○三寸則橫吸鐵軸伸出成二長翅如第二百三十三圖三也法辣待試此多次知空氣亦有橫吸鐵性而熱空氣較冷空氣更甚以空氣先加熱噴過燒紅之鉑絲而分二支橫過吸鐵軸線同時以電氣傳於吸鐵條則引二支向上同時之有冷空氣向下又以空氣先加冷而噴在軸線相離之處則爲所引可知空氣加冷比常熱度之空氣反有吸鐵力法辣待又以或原或雜之數種氣質細考其性將其氣質先過浸濃鹽強水之生紙而後過二吸鐵極之同任其輕重之性或上升或下降又用三管管內各安浸淡輕水之紙當吸鐵軸與其二邊各安一管所過之氣質若無橫吸鐵性則直升至中管而中管內發淡輕綠白氣所過之氣質若橫吸鐵性大於空氣則必入右管或左管左右管內發白氣依此試

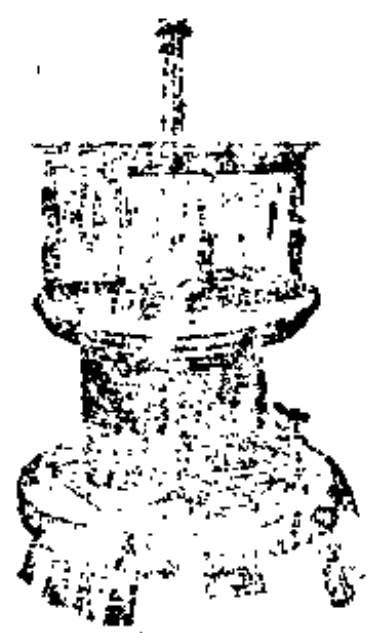
淡氣　輕氣　炭養氣　炭養氣　淡養氣　淡養氣

炭輕氣　煤氣　硫養氣　輕綠氣　輕碘氣　弗矽氣
淡輕氣　綠氣　碘氣　溴氣　養氣等橫吸鐵性皆大
於空氣而輕氣爲最大養氣爲最小甚奇也
養氣能受吸鐵力而受力之大小與氣之鬆緊有比空氣
內全之養氣爲鐵所引與爲地球所引相同空氣內又含
淡氣而淡氣則非橫吸鐵質故試各種氣質之吸鐵氣而
以空氣傳其吸鐵氣必知養氣之直吸鐵性甚大法辣待
云養氣有吸鐵性甚大而空氣之熱度與鬆緊常改變故
疑地球吸鐵力之變與每日每年吸鐵力之變以及北曉
與地面吸鐵條之相關俱因養氣也

各金類吸鐵性　第一百六十七節

步勒加試金類吸鐵性之器如第二百三十四圖其所試

第二百三十四圖



之金類用細線挂于吸鐵二極之中用玻璃箱圍之箱封甚密可無風吹在空氣試之或在別氣試之俱可
所試各金類內鉍之橫吸鐵性最大其動繫而似不定甚便顯橫吸鐵性其各質點欲自吸鐵界內之濃處至淡處將鉍粉散于紙而安于直立電氣吸鐵條之上以電氣傳過則鉍粉俱向內外而推留下空處爲圓形如其電氣吸鐵條之極爲圓錐者然將散鉍粉之紙移過錐形之間則移過之處成無粉之空線
紅銅等金類有奇性其故或因其性易傳如將紅銅一塊挂于二極之中則先向吸鐵條軸線而行與有吸鐵性者同後忽停於新處必加力始能動之銅塊若挂起轉動至有大重速積而受吸鐵氣亦能停而不動

第二百三十五圖

試法用實心紅銅塊或圓形或立方形重四分磅之一至半磅用長線挂之如第二百三十五圖先使轉動甚速而安于大力吸鐵條之吸鐵界內則轉動急停在界內之時雖再使轉而不能
法辣待將數種鹽類質使受吸鐵力鹽類鐵爲本者無論爲顆粒或消化於水俱有直吸鐵性惟黃色與紅色之鉀衰鐵則有橫吸鐵性又鎳養硫養或鎳綠之顆粒又鉻養又鉻養又鍺養並含錳之各質俱爲直吸鐵性而含鉛與鉑與鈀與鉀之各質以及鉀養鉻養皆是橫吸鐵性
又以金鐵之各種鹽類濃淡之水盛於小管挂于含鐵之各種鹽類濃淡之水內安于大力之電氣吸鐵條二極之間如管內之水濃于外水則直吸而管內之水淡于外水

則橫吸管內之水與外水濃淡相同則不橫吸不直吸無定向鐵與鎳加熱至不能覺任意吸鐵條二極之間仍直吸已試多金類得等次如左

直吸鐵質

鐵 鎳 鈷 錳 鉻 鎘 鈀 鉑 鉞

橫吸鐵質

鉍 銻 鋅 錫 鈣 鈉 汞 鉛 銀 銅 金

鉀 鈾 鋁 鋰 鎢

吸鐵顆粒力與視角力 第一百六十八節

法辣待試鉍之事遇數事不能明用所鑄成之鉍圓條順手取其四條平挂於吸鐵二極之中第一條順吸鐵軸而停第二條橫吸鐵軸而停第三條爲橫但轉之五十度至六十度則斜第四條先順轉之即橫如各條但遇吸鐵一極則各條皆推可知原有橫吸鐵性故意或橫或順或斜者因鉍條顆粒之向有不同蓋顆粒二對角之中線必順吸鐵軸也又思直吸鐵與橫吸鐵之外尚有一種顆粒吸鐵力步路加詳考此事而云質點之形與吸鐵力有相關而依法辣待之意爲視角力以橫向而顯所以必與所成顆粒吸鐵力正交此二力與令質成顆粒形狀之力有相關俱自一源而有也

吸鐵力或直或橫係質點之位置 第一百六十九節

步路加之理顆粒之視角遇吸鐵極或引或推依顆粒內質點之位置若爲顆粒則必推正顆粒則必引而大至與那步路客所試此理具此或合或否

顆粒在吸鐵界內能顯推引而絕不關視角力有簡法可徵之將平果片略如洋錢而平面正交挂以鐵絲數條挂于吸鐵界內則平果片必橫吸鐵軸其所以橫者非因平果之受推力而因鐵絲之受引力

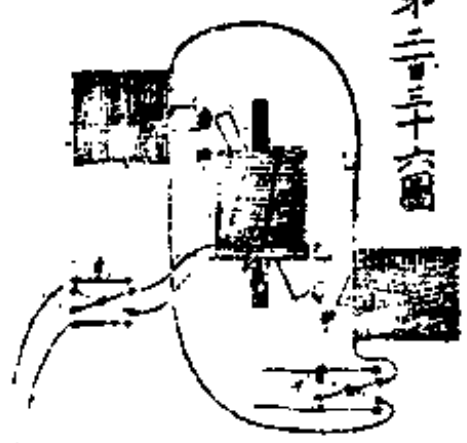
仍將平果片而以鉍絲代鐵絲則平果片必順吸鐵軸亦非因平果片之受引力而因鉍絲之受推力也由大星與那步路客亦試用鐵養炭養粉與養水相和壓緊成顆粒代其所試之鐵養硫養顆粒挂于吸鐵二極之間則其中線與吸鐵軸正交其質雖爲直吸鐵性能爲吸鐵所引有大力而斜於其二極之間則能推又用鉍粉如前法試法辣待用鉍之顆粒所試之事因鉍磨粉而與膠水成顆粒形其質點之位置亂而不似顆粒內質點之位置故無使質點粘合而成顆粒之力可見直吸鐵與橫吸鐵能因質點之位置而改變故任何物內質點位置不同而遠近亦不同則最近之向線爲現極大力之向線如直吸鐵性之物則此向線必順吸鐵軸如橫吸鐵性之物則此向線必

橫吸鐵軸即順赤道自試得之事並所論之說可知質點極近之線爲順吸鐵軸或橫吸鐵軸之力所顯極大故依此可定顆粒在二極間所當停之向

橫吸鐵性 第一百七十節

韋巴與法辣待自所試而論橫吸鐵性之意各不同韋巴謂鉍之二極之方向與鐵之二極不同法辣待謂歷試未見有橫吸鐵之極非聖處客云橫吸鐵質二極之方向與鐵之二極相同

田大里見此之未有定論也乃因自考究之初法用能移動之鉍條以傳電氣之銅絲圈圈之兩細觀鉍條向定吸鐵條如何而斜自其斜而知所受之力如第二百三十六圖以鉍條挂于銅絲圈之正中而最易移動鉍條之兩端各有電氣吸鐵條以銅絲連其二條而以電氣連傳之則二極必相等又用調換電氣器



第二百三十六圖

可改其正負鉍條外之銅絲圈亦有調換電氣器則電氣可分二方向而傳過甲乙爲鉍條外之螺絲圈卯申爲電氣吸鐵條之極末爲電氣吸鐵條調換電氣之器未爲鉍條銅絲圈調換電氣之器

電氣如箭之向而傳過螺絲圈則吸鐵條之卯爲北極申爲南極鉍條必速移至虛線之方向知爲吸鐵條所引南北極調換則鉍條速推再將南北極調換則又引無論何方向受吸鐵力而調換其電氣皆速改其推引

田大里後又用用來布西格人來步之器試之橫吸鐵質條亦以電氣發吸鐵氣旁有無定向之鋼針看針之偏如何則知條之極如何其器如第二百三十七圖乙辰乙辰爲長方箱前面除去以顯內形丁丁爲螺絲孔

第二百三十七圖

以二螺絲入之而連于牆辛戊戊辛爲紅銅絲之二螺圈在二黃銅管之外管之上端自庚至辛凸出物物爲有槽之滑輪槽內環繩以連於所欲試質之圓柱形寅卯辰巳庚庚爲黃銅之橫條中有螺絲如未用鑽絲線挂無定之吸鐵條辰卯吸鐵條辰卯前之黑圈爲鏡長方丁甲丁甲爲紅銅阻動之器此器中因吸鐵氣之動則內有附電氣而吸鐵條早傳用法以圓路法化器一件之電氣傳過銅絲圈用鉍圓柱條長三寸徑〇七寸置于圈之中圈內千里鏡之十字線與分度面之六百五十相交轉動物輪令寅卯管起令辰巳管落則吸鐵條速搖動搖動數次後即

停于新位而千里鏡之十字線對分度面之六百七十再轉動物輪至圓柱條在原位仍得六百五十度再轉動物輪令寅卯管落而辰巳管起則吸鐵條停於分度面之六百三十度

可知卯辰二端動吸鐵條令自小數至大數而其停之位比條在中時大二十度再令寅卯二端動吸鐵條令自大數至小數而其停之位比條在中時小二十度電氣傳過螺絲圈之向相反則各事相反而鉛條在銅絲圈中之時千里鏡之十字線與分度面之四百八十二相交再轉動物輪使寅卯起而辰巳落則十字線與分度面之四百六十八相交再反轉物輪使圓球再至中則仍得四百八十二再使寅卯落而辰巳起則得四百九十三可見前爲自大數至小數後爲自小數至大數

再用此器以同法試紅銅條鋅條電玻璃條雲石條等所得之事略同俱能使吸鐵條移動又用此法試直吸鐵性橫吸鐵性之各種流質俱知其極有定向

電學 卷六

英國瑙挨德著　英國傅蘭雅口譯
無錫徐建寅筆述

化電氣傳行而發附電氣第一百七十一節

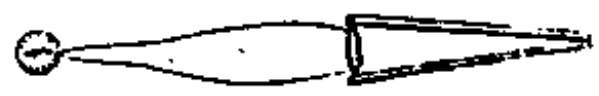
發電氣器之電氣傳過原銅絲而另有銅絲二端相連與原銅絲平行則原銅絲之電氣乍傳乍斷之時平行之銅絲即發附電氣若原銅絲電氣恆傳時則平行之銅絲絕無附電氣

原電氣斷時所發附電氣之向與原電氣相反原電氣傳時所發附電氣之向與原電氣相同故斷時與傳時所發附電氣之向相反也將蠶絲包之紅銅絲繞於木柱外各圈稍相離再將同長之銅絲繞於前各圈之間兩端接蠶絲包之極細銅絲繞于玻璃小管外管內正中安縫衣針次將發化電氣器一件之兩極與前圈銅絲之兩端相接而使電氣一斷將針自管內取出即變有吸鐵力另將縫衣針安於玻璃管內使電氣一斷將針自管內取出亦變有吸鐵力而極之南北與前針相反再另將縫衣針安于玻璃管內而使電氣一傳一斷將針自管內取出吸鐵力甚小若無

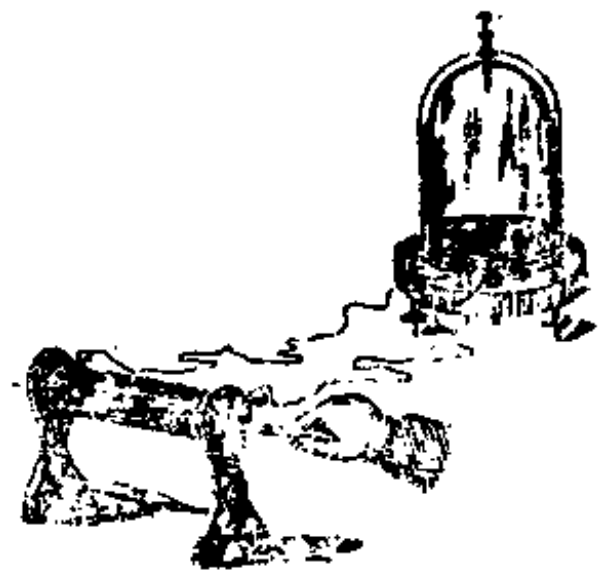
吸鐵附電氣第一百七十二節

獨用尋常吸鐵條亦能使銅絲有附電氣用包蠶絲之銅絲繞于紙管紙管中安軟鐵條銅絲兩端連於測電氣器將大力二吸鐵條異性之極與軟鐵條之二端相切如第二百三十八圖測器之針即速偏取去二吸鐵條針即對面而偏或不用軟鐵條而以大力

第二百三十八圖



第二百三十九圖



吸鐵條之端入紙管之中如第二百三十九圖針亦速偏不久漸復原處以吸鐵條之端自紙管取出針即對面而偏吸鐵條之力甚大者近於螺絲圈之端不相入於紙管之中針亦能偏

地球吸鐵附電氣第一百七十三節

以純軟鐵條合指極針偏下之向而安之即暫成吸鐵條下端為北極若反倒之則下端仍為北極故將銅絲圈亦合指極針偏下之向銅絲之兩端連於測器而以軟鐵條安于其正中則測器之針即偏因地球之吸鐵力發附電氣也圈若甚大則不用軟鐵條而將圈忽合指極針偏下

之向所類相同又以銅板與地面平行而轉動亦可自地球之吸鐵氣顯附電氣銅板順時辰表針之向而轉則電氣自心傳行至周銅板逆時辰表針之向而轉則電氣自周傳行至心法辣待曾證地球各處有吸鐵力故凡金類與金類相近而相移動或一動一定或二者皆動速或同或不同皆能發附電氣

轉動而發吸鐵氣第一百七十四節

道光四年哈拉果思得將吸鐵針挂於他物之上觀其搖動而考其理將吸鐵針挂於金類上或水上令偏若干度而放之見針搖動初成弧大繼而遞小似有物阻之者然成小弧之歷時與成大弧之歷時相同又以蠶絲挂吸鐵針針下鋪紙紙下平安金類板使板轉動吸鐵針速隨之而偏力與轉速有比此因金類板之轉動極速故勝地球之吸鐵力也若使金類板反轉則針漸回原而再反偏將金類板順半徑去其數塊則針之偏力減小

巴比知與侯失勒以大力彎吸鐵條直立而兩極向上以中線為心而轉動甚速在其上平挂紅銅圓板見圓板能隨吸鐵條而轉先慢後漸速彎吸鐵條若相反則銅板亦隨而反轉皆因吸鐵電氣力也以別種金類板或玻璃片隔於吸鐵條與銅板之間銅板仍轉而速亦同用極薄鐵板十層隔于其間轉速多減用薄鐵板二層隔于其間則略不能隨轉將銅板順半徑去其數塊不隔鐵板轉速亦減

哈里司用紅銅銀鋅之大塊安於彎吸鐵條與銅板之間多能減銅板之轉速久之而銅板自傍與前有異

法辣待論哈拉果所得之理第一百七十五節

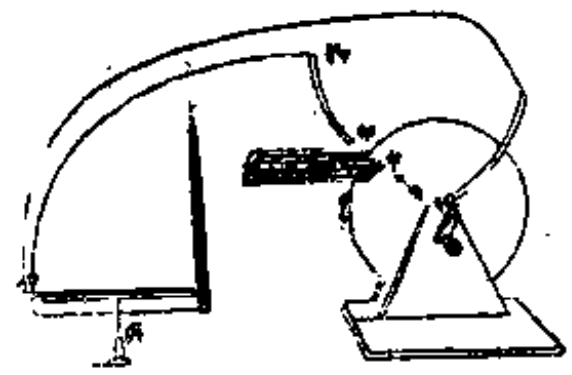
法辣待論金類等能傳電氣之物移過吸鐵氣之界內能發電氣以甚小之指南針在吸鐵氣之界內而移動使針常合動路之切線則動路為吸鐵線將銅絲於吸鐵條上移動遷就則銅絲不發電氣時銅絲之向為吸鐵線常吸鐵條散以鐵屑則周圍可見吸鐵線如第二百四十圖

第二百四十圖

內發電氣而方向相同如前之向反動則亦發電氣而方向相反如第二百四十一圖用紅銅板中連正交之軸以柄搖之物物二銅絲一連於軸一連於板周再用大力彎吸鐵條騎于銅絲處銅板之邊如卯申將二銅絲之端連于測器如庚使圓板自右至左轉動而吸鐵條之極如圖卯為吸鐵條之極用金類絲作任何式之圈先在丙處而移動至一處或二或三或四或五各處又或圈不動而使吸鐵極卯移至卯處則金類絲

則發電氣自心傳至周如箭之向顯器之針能偏如換吸鐵條之極或將圖板自左至右轉動則發電氣自周傳至心而顯器之針反偏板不轉時顯器之針不偏

第二百四十一圖

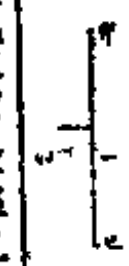


金類近於吸鐵條而移動則電氣傳行之方向依金類與吸鐵曲線之相關法辣待論之如第二百四十二圖甲乙爲吸鐵圓條甲爲有識之極乙爲無識之極己卯爲銀刀橫切於吸鐵條刀口向上有小槽之面向甲將刀口向前移或至甲或至乙則所發之電氣自己至卯此以自甲點之吸鐵曲線遇刀有槽之面而自乙點之吸鐵曲線遇刀之反面也將刀背向前移或至甲或至乙則所發之電氣自卯至巳此亦以自甲點之吸鐵曲線遇刀有槽之面而自乙點之吸鐵曲線遇刀之反面也欲作小樣可用木管代吸鐵條水片代銀刀用絲線自此端連至彼端代吸鐵曲線絲線通過木片之孔無論移至何方向可知前狀

第二百四十二圖

金類板近於吸鐵條轉動或吸鐵條近於金類移動則顯電氣自心傳至周或自周傳至心及金類板因電氣吸鐵力而轉動之理如第二百四十三圖巳卯爲銅絲連於發化電氣器之二極有電氣自巳傳至卯以吸鐵條之極哪在銅絲與觀之人之間則吸鐵條之極與銅絲必順切線向右而動銅絲亦與吸鐵條之極順切線向左而動如箭之向所有金類板近於吸鐵條之北極而順時辰表針之向而轉動則有電氣自心傳至周逆時辰表針之向而轉動則有電氣自周傳至心金類板與吸鐵條停則不發電氣金類板向半徑割去數塊則轉動慢俱可自此而明之

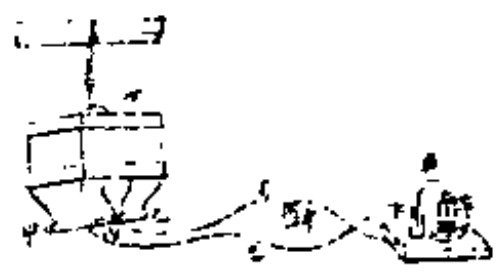
第二百四十三圖



吸鐵電氣發火星 第一百七十六節

用磁石之法咸豐二年正月以大利國人初爲之三月英國人福白司亦成之如第二百四十四圖哪爲大力之磁石能挂一百七十磅甲乙爲軟鐵圓條外繞銅絲至長七寸半如丙丙而吸連于磁石之二極圓條面有二處專合二極之形能相切準合否則不能成火星另有直輔二根能輔甲乙條上下準合房內

第二百四十四圖



黑暗亦易上下外繞之紅銅絲徑二十分寸之一長約一百五十尺繞至四層各層間隔以呢與火漆銅絲之一端丁入玻璃筩辛之底筩內半盛水銀水銀之面極淨銅絲之第二端巳入玻璃筩壬筩內亦盛水銀自壬筩有細鐵線庚可用手浸入辛筩之水銀內而取出浸入與取出必正在甲乙軟鐵圈條與磁石二極相切之時則在辛筩內能發火星

鐵絲浸入水銀而取出與磁石切吸鐵而相離必正在同時若微有先後之別即不能成火星福白司習練久之每切三次能見二火星

用彎吸鐵條之法如第二百四十五圖用軟鐵圈條外繞包蠶絲之銅絲數尺銅絲之一端銲連紅銅小圈板紅銅小圈板內含足水銀銅絲之他端向上成彎亦含足水銀與小圈板相切將軟鐵條橫加于中等彎吸鐵條之二極相切而忽相離銅絲與銅板正在同時亦相切而相離即發火星

第二百四十五圖

用電氣吸鐵之法如第二百四十六圖用軟鐵條外繞包蠶絲之紅銅絲十尺至十二尺兩端各銲連粗銅絲用電氣彎吸鐵能吸十五磅至二十磅者立於架二極向上另有橫桿在架柱之上端相連軟鐵橫桿忽動軟鐵即離吸鐵之極吸鐵前有玻璃管庚頂蓋黃楊木冒一粗紅銅絲過此冒而至玻璃管內端打扁而彎成正角含足水銀一粗紅銅絲連於橫桿而端正切於打扁之面忽下橫桿則軟鐵離吸鐵之極而二粗銅絲之端同時相離即發火星庚管內先盛易燒之氣質遇火星而立燒氣質用彎管或象皮管引入之

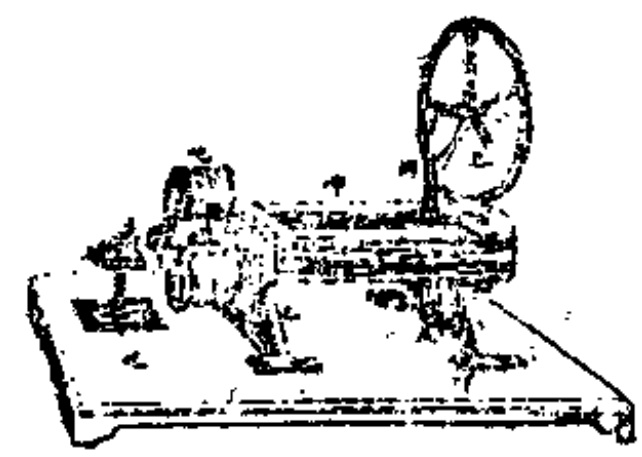
第二百四十六圖

吸鐵電氣器 第一百七十七節

吸鐵電氣器能速發火星者法國人必克細所初刱道光十二年在法國博物院中初以示人十三年撒克司頓作更妙之器十五年收附電氣之軟鐵用雙切法可發大火星與大熱或使人身甚振動或化分物質

撒克司頓之器如第二百四十七圖分件之形如第二百四十八圖至第二百五十三圖各圖內之甲乙丙等字相同呷爲多層彎吸鐵條共有六層在乙戊二足之上足用螺絲連于叱叮底板成足上有銅柱如呵銅柱上有輪如己以柄搖轉之輪周有槽能接羊腸繩以帶動彎吸鐵條之間軸之小輪如辛自輪下至二極之外伸出約三寸端作螺絲連二銅絲圈如吧包動甚速而發附電氣包銅絲

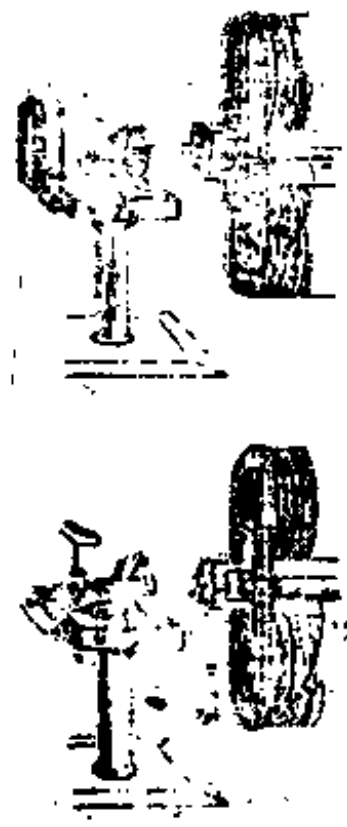
第二百四十七圖



圖用圓鐵二條共連橫鐵板板中有孔接於軸圓鐵條外各繞蠶絲包之銅絲銅絲一端銲於銅圓板壬一端通過銅圓板壬以象牙圈使之不相切圈轉動則兩鐵條之端行過吸鐵條之

二極甚速相距極近而不相切每器備圈二件一件用粗鐵條而外繞粗銅絲能發大數電氣一件用小鐵條外繞小銅絲長三千至六千尺能發大濃電氣

第二百四十八圖



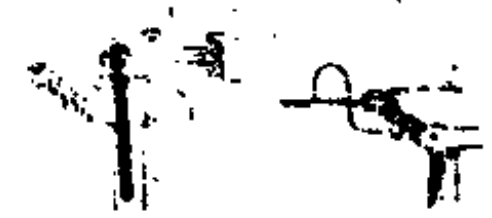
第二百四十九圖

發大數電氣能發火星者如第二百四十七圖能使軟鐵有吸鐵氣者如第二百四十八圖能使銅絲生大熱者如第二百四十九圖能燒紅炭尖發火光者如第二百五十圖能使磋之鋼面散光星者如第二百五十一圖能化分物質者如第二百五十二圖發大濃電氣能使人身覺震動者如第二百五十三圖

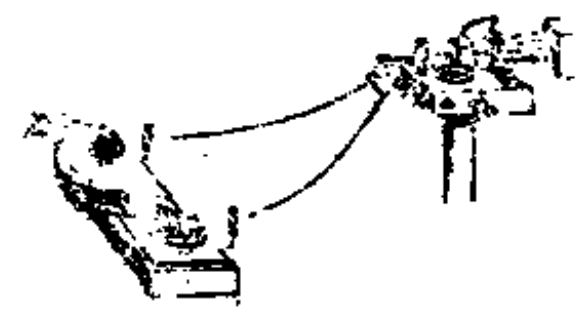
第二百五十二圖

第一百五十二圖

第二百五十一圖



第二百五十三圖



架上有木方在柱之頂而能高低木面有二孔如申未可盛水銀銅圓板壬在申孔內而子尖正在未孔內轉動則電氣常或傳或斷轉甚速則所發之火星幾相連另有粗黃銅片二塊在方木之二邊各通一孔之水銀而各連一螺絲可接銅絲以傳電氣

吸鐵電氣發大火光之器 第一百七十八節

何密士造之器于同治元年之博物院中以示人院中論此器之說曰用軟鐵管外繞銅絲成螺絲圈在大力磁鐵吸鐵條二極之前轉動甚速所發之電氣傳至電氣燈之發尖其燈略如多包司克之式見第三十百而軟鐵管外繞銅

絲者共有八十八平行列於大輪之周成內外二管形而各與輪軸平行每管形內有等大之軟鐵管四十四大輪徑約五尺每分時輪一百十轉彎吸鐵條連於架上而圈于輪周共有三圈每圈有二十二吸鐵條每吸鐵條之二極在一平面圈內各吸鐵極之相距等於螺絲圈之相距二外圈吸鐵條之同極對內圈吸鐵條之異極二外圈吸鐵條用四層合成內圈吸鐵條用六層合成每層重六磅每間一圈迭更受異極之吸鐵氣相連銅絲之法則使電氣俱以一方向而傳行各螺絲圈中之軟鐵管長三寸半外徑一寸半內徑一寸每管外包黃銅皮而外繞銅絲兩條每條長四十五尺銅絲徑○一四八寸二銅絲等於同長而徑○二寸之一銅絲軟鐵管與外包之黃銅皮俱順其長而剖以免圈外無用之電氣傳過

輪轉之時一管形內各軟鐵管每過二吸鐵條同時換其二極每轉一周每圈換極四十四次惟一管形內各軟鐵管改換最多時當又一管形內各軟鐵管改換最小時每管形內之各螺絲圈一一相連故輪每轉則四十四螺絲圈必傳電氣四十四次二管形內之各螺絲圈有換極之器相連一切電氣皆同方向傳至燈之炭尖焉

一管形內最大電氣時當又一管形內最小電氣時者因每傳電氣一次必費若干時此時中之電氣必有漸大而漸小故二管形相間則電氣傳行略可平勻輪每轉而發電氣八十八次每分時輪轉一百十故每分時有電氣傳過燈之炭尖九千六百八十次

何密士之電氣吸鐵器與燈自同治元年用於英國頓知內斯燈塔至今未有差誤

不發電氣之時動輪之力甚小發電氣而使燈生光之時用一馬力又四分馬力之一可以動輪此器之用能以力變為熱與光與尋常以熱與光變為力適相反也

用吸鐵電氣器鍍金銀（見第一百二十五節）同治元年博物院內失巴得有吸鐵電氣器能發電氣化分水得輕養二氣可燃燈惟價貴而不便用

電氣吸鐵器放地雷水雷（第一百七十九節）

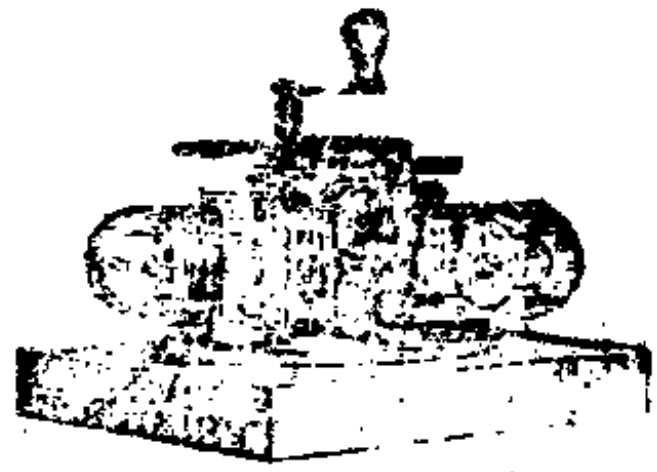
韋思敦初刱吸鐵放引火器依其定法能同時放火藥二處至二十五處用小彎吸鐵六條有軟鐵十二條近於吸鐵極外繞蠶絲包之銅絲銅絲同連於外銅絲由地質以傳電氣另扁軟鐵六條同連於軸而轉動依此法則一切之吸鐵條同時發電氣而其力大于六倍大之一吸鐵條也軸轉一周之時連傳電氣六次再加齒輪使之轉速則發電氣之次數極速又扁軟鐵轉動而銅絲圈不動故轉

動時恆發電氣不絕

器形如第二百五十四圖第二百五十五圖一吸鐵條不見以顯其扁軟鐵條也

第二百五十四圖

第二百五十五圖



亞比利之吸鐵電氣引火頭用黃楊木內有三孔如第二百五十六圖第二百五十七圖直孔通中心而容二紅銅絲二紅銅絲同包于象皮內相距十六分寸之一又有二孔橫通與直孔正交而在其左右自相平行

第二百五十六圖

第二百五十七圖

銅絲伸出黃楊木頭之上約一寸半刮去其象皮兩分壓至木頭之二小槽內而將其端各入橫孔再用小銅管入於橫孔內以壓住之銅絲伸出黃楊頭之下約四分寸之三用快剪剪斷成橫剖面以厚錫箔作小帽長約半寸內安易燒之料壓約一英釐套于二端之外令二端與象相切甚緊用小繩繫懸於銅絲而插于盛火藥之線管或馬口鐵管內管口接黃楊木頭管底盛火藥用泥封之如第二百五十八圖第二百五十九圖每引火備傳電氣之銅絲二條外皆包象皮如第二百六十圖其端各安于頭之橫孔內而用短銅絲釘插入壓緊即可盛於箱內或袋內而傳電氣之線連至發電氣之處

第二百五十八圖

第二百五十九圖

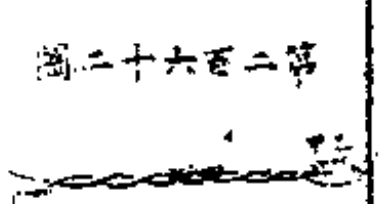
第二百六十圖

放礮電氣引火如第二百六十一圖黃楊木頭較長銅絲在頭內不伸出於下中孔之下端接鵝毛管或銅管與常式放礮者相同

第二百六十一圖

司塔打引火銅絲外包含硫黃之象皮久則銅絲之面生銅硫一層而銅硫雜傳電氣故能生火司塔打初見之由此作最妙之引火如第二百六十二圖呷吒為含硫之象皮所包之銅絲在甲乙間刮去外面之象皮及銅絲使僅留銅硫以濃電氣傳過銅絲則電氣自甲點離銅絲而傳過銅

第二百六十二圖



硫銅硫雜傳電氣則必生熱自甲至乙有火藥或棉花藥等易燒之物則必燒法國失布格用之放地雷用羅密卡弗之附電氣圈與本生發電氣二件

弗待用司塔打之引火內盛汞爆藥連放六箇地雷距發電氣器千尺用附電氣圈與本生發電氣器一件韋思敦與亞白利二人見電氣吸鐵器常有誤事運移時易傷不便爲戰時之用故常以吸鐵電氣器代之

吸鐵電氣引火亦不甚穩司塔打之引火有時亦誤事亞比利試各種自燒之料攷其最易燒者知銅養燐養與銅硫與鉀養淡養三質分研極細用銅養燐養十分銅硫四十五分鉀養淡養十五分和極勻加醋成漿曬乾密封待用最佳

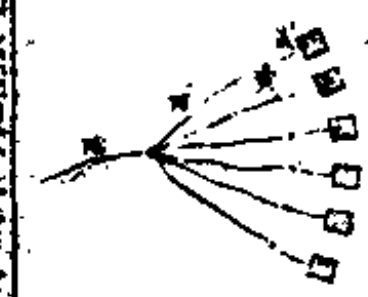
銅絲圈所發之附電氣每過斷處其力減淡不如來頓瓶能過數百斷處各處發一火星也故燒火藥不多處而力已絕所以弗待將地雷成幅排列每地雷分成一路用派電氣器將各路逐一速連至發電氣器各地雷略可同時而放如第二百六十三圖丙爲連至附電氣圈之銅絲接於派電氣器己柄之丁點派電氣器有銅板連接銅絲之螺絲用玻

第二百六十三圖

璃板使不通地而接丙丙各銅絲各銅絲連至寅寅等各地雷己柄可轉動或速或慢每與一銅板相切電氣即傳至地雷而由戊銅板入地質由地質傳回附電氣圈而地雷即放柄轉動慢則可使各地雷逐一分放柄轉動速則可使地雷齊放

沙勿辣分亦將地雷將電氣路成幅排列每地雷分成一路則傳電氣一次或連傳電氣數次能略同時放數地雷比弗待之法更妙也如第二百六十四圖甲乙丙等字之意與前圖相同不用派電氣器而各地雷之銅絲直至附電氣器而多引火內之某引火電氣易傳則必先燒燒時磔開則減一路而電氣益餘引火更易逐一而放于道光二十四年法國格令奴夫之地初試此法韋思敦與亞白利考知用大力吸鐵電氣器欲連傳一路內多地雷雖用易燒之料亦未必能放若用分派電氣法則用小吸鐵彎條長七寸闊一寸厚一寸又四分寸之三與軟鐵外繞銅絲圈與增速之齒輪能逐一放地雷二十五處若用韋思敦之吸鐵放引火器如第二百五十四圖第二百五十五圖則能放地雷二十五處而甚速聽之略成一聲

第二百六十四圖



吸鐵電氣器之理 第一百八十節

吸鐵電氣器軟鐵轉至對吸鐵極則軟鐵受附吸鐵氣而有吸鐵力至離吸鐵極則軟鐵無吸鐵力前言見第一百七十一節鐵條外繞銅絲則有吸鐵氣與無吸鐵氣時必發附電氣而有時與無時附電氣之向相對子針如前第二百四十七圖入汞之時軟鐵條外銅絲之電氣即傳同時軟鐵二端對吸鐵極因子釘略與吸鐵極正交也而如此能常發電氣

達斯考得吸鐵能發電氣之各理與亞果皮等先考化電氣能現力之理如左

附電氣之螺絲各圈所發之附電氣共動力等於銅絲每轉電氣動力之和與何未之原例合如第一百零八節

原電氣之力相等則附電氣力與繞之圈數有比與銅絲之粗細無涉圈徑若甚大則電氣之濃稍減小

附電氣之理第一百八十一節

用化電氣器之甚小者令微發電氣以短小之銅絲連之于水銀杯則接時或斷時不見光星或偶有光星亦甚小甚淡以長銅絲連之則有光星而愈長愈亮至線甚長而阻力過大則光星又小矣

將等長之銅絲二條一條繞成螺絲圈一條平安於地面以成螺絲圈者之兩端在汞杯或接或斷有大光火星及聲以平安於地面者在汞杯或接或斷則光星小而無聲

將包絲之銅絲長一百尺半段繞成螺絲圈半段安於地面以電氣傳過成螺絲圈者光星甚大傳過安於地面者光星甚小用軟鐵條或軟鐵絲捆安於螺絲圈之中則光星更大因電氣傳過時有吸鐵力電氣斷時無吸鐵力吸鐵力一有一無即加外銅絲之電氣也見第一百七十二節

將二銅絲平行安之第一銅絲有化電氣傳過則斷時第二銅絲發附電氣而同向第一百七十一節因第二銅絲之兩端相連故第一銅絲斷時與接時所有之光星甚小于無第二銅絲者因無第二銅絲則斷時所有之附電氣為第一銅絲所自得也

傳電氣之銅絲長一尺旁有銅絲亦長一尺則附電氣力必甚少傳同用此電氣而傳過銅絲長五十尺旁有銅絲亦長五十尺則附電氣力甚大故用一銅絲則短者傳斷時發之附電氣小而長者發之附電氣大又長者電氣數雖小而光星則大長者而再繞成螺絲圈則光星更大因各圈之附電氣彼此相助而各力之和必大也

金類絲自發自受之附電氣名為另電氣接時另電氣與原電氣之向反名為反另電氣斷時另電氣與原電氣之向同名為正另電氣

顯理銅片圈發附電氣第一百八十二節

銅片圈所發之附電氣能使人身大震動能使鋼條變有吸鐵性能化分物質如第二百六十五圖甲爲外包雙絲之紅銅片圈長一百尺闊一寸乙爲細銅絲圈長四千餘尺上下相疊丙爲玻璃片隔於其間人手執銅絲圈之二柄另人將銅片之二端於小發化電氣器傳斷每傳斷一次執柄之人必大受附電氣力而大振動發化電氣器必甚小否則執柄之人痛至難受矣

第二百六十五圖

顯理作圈用紅銅片長三百尺闊一寸半紅銅絲長五英里二者相距四尺能令人身甚震動相距十二寸人身不能當

用第二銅片圈代細銅絲圈則附電氣之濃不能使人身震動而附電氣之數能在二端相切時發光星二端若連小銅絲圈圈內安針速變有吸鐵力二端連于水中水速化分

第三次第四次第五次附電氣 第一百八十三節

顯理用數銅片圈與數銅絲圈如第二百六十六圈依前法用化電氣傳過甲圈而乙圈在甲圈上則得附電氣爲第二次附電氣以此附電氣傳至第三銅片圈如丙而丁圈在丙圈上則有第三次附電氣以此附電氣傳至第四

第二百六十六圖

原電氣甲接時正

第二次附電氣乙丙接時反而斷時正

第三次附電氣丁戊接時正而斷時反

第四次附電氣己庚接時反而斷時正

曾試之第七次皆得迭更正反

己圈發大數之附電氣丁圈發大濃之附電氣以二柄連于丁圈之銅線可使人身大震動可知大濃電氣可變爲大數電氣而大數電氣可變爲大濃電氣也顯理曾在甲乙二圈中安鉛板等傳電氣之質則乙圈略無附電氣將圈板順半徑割去一塊則乙圈仍有附電氣而小

乙圈安於甲圈之上而乙圈之兩端不連又將丁圈安于乙圈之上在丁圈可傳電氣使人身振動乙圈之兩端若

銅片圈如戊而己圈在戊圈上則有第四次附電氣此圈連小螺絲圈庚內安針能變有吸鐵性即其據也凡各次之附電氣傳行之向迭更相反

相連則人身不覺震動顯理謂此因附電氣之向改變也乙圈兩端相連則在原電氣斷時其附電氣與原電氣同向而能使相近之丁圈有附電氣而反向又依同理再將銅片圈安於丁圈之上則丁圈之兩端相連時以上圈之電氣傳過人身不甚振動丁圈兩端若不相連則人身大振動

發附電氣圈 第一百八十四節

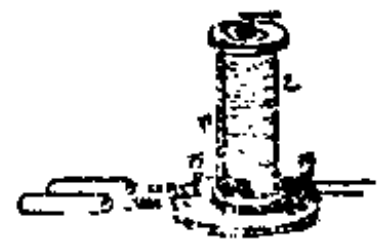
發吸鐵附電氣及化附電氣之器及傳斷電氣之法已刱之式甚多如第二百六十七圖至第二百七十圖

第二百六十七圖原電氣圈之線長三十五尺附電氣圈之線長一千四百尺電氣傳與斷之法用橫軸架於二銅柱之端橫軸中貫軟鐵條直立而對銅絲圈內軟鐵絲捆之上化電氣傳過丁柱及橫軸使橫軸及軟鐵條飛轉每轉而壬尖出入庚銅杯之水銀電氣即或傳或斷庚銅杯在甲柱之上電氣由甲柱傳回

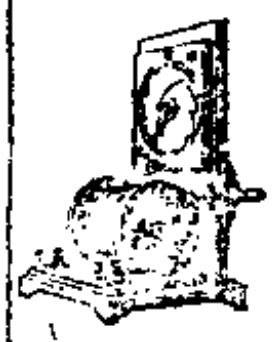
第二百六十七圖

第二百六十八圖化電氣自巳螺絲至甲銅絲甲銅絲上端有簧連圓鐵板圓鐵板正在銅絲圈內鐵絲捆之上丙螺絲連乙銅絲乙銅絲上端有金類片片下有鉑點圓鐵板以簧力自上能與鉑點相切則電氣能傳而圈中之鐵絲捆變有吸鐵力吸圓鐵板向下與鉑點相離電氣即斷而吸鐵力即無鐵圈板以簧力而自上再與鉑點相切電氣再傳如前故能迭更傳斷極速

第二百六十八圖



第二百六十九圖



第二百六十九圖九圖用齒輪及柄使丙彎簧轉動甚速彎簧在甲乙金類齒圈之內其齒為單數簧能相間遇對面之齒而成光星齒圈之徑約五寸用小螺絲連於木板原電氣圈之銅絲一端連於齒圈一端連於乙螺絲化電氣一極連於軸而傳至彎簧一極連於乙螺絲己己為傳附電氣之螺絲銅絲圈徑十二寸而用大力化電氣能有甚奇之事

第二百七十圖顯理之附電氣圈甲為彎軟鐵條先繞包蠶絲之第十四號銅絲四層外再繞包蠶絲之三十四號銅絲三百尺乙為轉動之軟鐵條在彎軟鐵條二極之上中貫立軸下端在硬鋼之孔內上端在橫銅板之螺絲內橫銅板在二銅柱之上其傳斷電氣

第二百七十圖

之器有曲桿如辛在辰柱之上其端庚接水銀杯已一端連小滑輪在於丙輪上輒動每至丙輪凸處立即起高而庚端即入水銀電氣能傳凸處已過桿即自下面庚端即出水銀電氣即斷丁戊爲二螺絲接化電氣之銅絲附電氣圈之銅絲二端連於對面二螺絲又有一象牙釘轉動之則附電氣圈之二銅絲端自連接故用之之人不致有大力電氣傳過其身之害且乙桿能轉動數小時而水銀不少用司米之發電氣器八件則附電氣之火星能透空氣八分寸之一用硝強水發電氣器十件則附電氣之火星能透空氣五分寸之一能燒銀箔與金箔甚光亮此器最便于附電氣傳斷之用

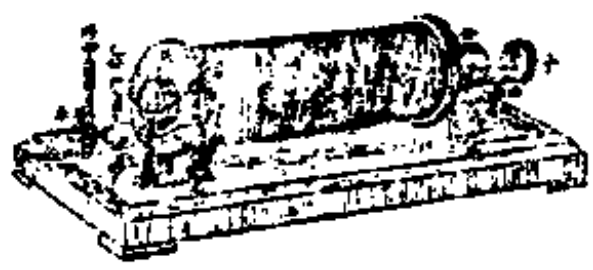
人曾造別種附電氣圈其式頗多大半醫學所用而理略同不詳述

羅密賈弗附電氣圈 第一百八十五節

道光二十二年馬孫與李留古哀造銅絲圈能成附電氣在眞空中發火星能鎔鉑絲惟銅絲外包者不好而有洩電氣之處故不能在空氣中發火星也黑達於同時亦造銅絲圈能成附電氣在空氣中發火星又能積於來頓瓶咸豐元年羅密賈弗精造附電氣圈不特銅絲外包蠶絲甚密且每層間加雷克膠一層附電氣圈銅絲之兩端貫過玻璃柱柱連於器之底板圈體比昔人造者更長更小因已考知圈數愈加多力愈大也其所能現之事甚奇能發甚光之電氣星而銅絲與通地之體間亦能發一火星在眞空內能得成層甚烈之光羅密賈弗又依費皂所設之法在原電氣之路內加一增電氣器則在空氣發火星略長四分寸之三而發聲若傳至人身則甚痛而甚險

羅密賈弗附電氣圈如第二百七十一圖其銅絲圈平臥內管用厚紙兩端圓板用玻璃或木外加漆或堅象皮原電氣圈用徑〇.〇七八寸之紅銅絲附電氣圈用第三十七號之紅銅絲圈之兩端圓板用木者則附電氣圈銅絲兩端各貫過一玻璃孔二端圓板用玻璃或堅象皮則鑽孔而以銅絲端貫過之圈內原電氣圈銅絲之二端連於酉辛二柱附電氣圈銅絲之二端連於乙丙二銅帽二銅帽各在玻璃柱上而上再有丙乙兩螺絲

第二百七十一圖



調換電氣之器如子丑爲象牙圓柱在二紅銅柱其象牙柱上用大小螺絲連二金類板甲丙乙丁此板稍凸其大

螺絲甲乙通過象牙而入二銅柱庚與戊小螺絲丙丁僅入象牙其紅銅柱連於附電氣圈之板寅辰如轉動其紐巳令乙丁板與通至化器正極之簧未相切則電氣寅箭之向而行由乙而入圈柱戊內而由子丑下行過銅絲圈過寅點而再過辰點通至調換電氣之器又上辛點至柱庚再過螺甲則順甲丙通至負電氣極成全路反之若乙丁板與負電氣極之簧相切則電氣行之向與前相反

傳斷電氣之器如第二百七十二圖寅為銅絲圈中軟鐵絲捆之端戊丁為桿端有鐵塊丁名為椎甲乙為簧端有紅銅塊乙名為砧甲為螺絲連於接原電氣圈之金類條椎與砧之間有極細之鉑尖如己桿之一端入庚辛柱上端之槽內柱之辛孔接原電氣銅絲之一端椎與砧相切時則傳電氣而軟鐵絲捆變有吸鐵力而引鐵椎電氣即斷而鐵絲捆無吸鐵力椎自落下而再切砧電氣再傳鐵絲捆再引椎而電氣再斷也椎與砧之相距愈小斷傳電氣愈速

第二百七十二圖

增電氣器費皂所設羅密賈弗依法造之連於此器用錫箔二條糊於上漆蠶絲布條之二面長約十二尺用相同之蠶絲布二條共夾糊錫箔之一條而摺疊安於器下之木箱內錫箔之二端接於第二百七十二圖之庚辛二孔內

增電氣器乃由來頓瓶改變而得惟理則人尚未甚明費皂意謂原電氣銅絲另發附電氣而使附電氣銅絲發餘電氣令附電氣之向與原電氣相反用增電氣器能收其餘電氣而不使害斷傳電氣之器且能自積電氣一面為正一面為負而過原電氣銅絲與發電氣器相合而傳行餘原電氣為反向故鐵絲捆吸鐵力速絕而發大濃之附電氣因電氣傳過之時極短也法辣待意謂增電氣器之用能減附電氣之濃恰在有害時減之其銅絲初發電氣時速有旁附電氣依銅絲體直現之附電氣而成但其旁附電氣極大時則銅絲之直附電氣與化器之濃有比如將來頓瓶之二皮用甚長而外包之銅絲連之而略近其銜鐵之點接別銅絲之兩端得空氣之阻力小於銅絲之阻力則電氣大半必自空氣而放若銅絲切於增電氣器之一面錫箔則二點之中不見火星依同理羅密賈弗器斷電氣器之火星其力小

增電氣器不增附電氣銅絲電氣之數用顯器可憑之若增附電氣銅絲電氣之濃用傳電氣至人身或觀火星之

長可憑之

英國里塔與扁得利與辣得美國利記將羅密賈弗之圈考究更精附電氣圈位置與銅絲外包不洩電氣之物格外愼詳一也增電氣器加大位置改好二也傳斷電氣用新法三也

辣得刱妙法亦自能傳斷用器之人便於或加或減鐵絲捆之吸鐵力如第二百七十三圖乙爲椎連于立簧之端

第二百七十三圖

丙爲小鉑尖甲爲鐵絲捆端之鐵板簧連於銅板銅板用螺釘連於府木板丁爲鉑小墊銲於螺絲之端螺絲過黃銅柱可進退而改丙丁二鉑尖之相距丙丁相接而調換電氣器通至原銅絲則鐵絲捆變有吸鐵力而引乙椎丙丁卽相離電氣卽斷附電氣卽現矣苦庚螺絲抵簧能勝鐵絲捆之引力則器不能動若稍鬆而使鐵絲捆之引力正勝簧力則附電氣之力極大因鐵絲捆受極大之吸鐵力數而電氣一斷吸鐵力立失故附電氣圈生附電氣力極大也

美國利記改造羅密賈弗附電氣圈第一百八十六節

發附電氣之器內最大力者美國波司頓之地造格致器之人利記所造原電氣圈用第九號銅絲外包象皮厚十分寸之一繞成三層共長一百五十尺圈外包象皮厚十分寸之一通過底板連板底之一層象皮外再有玻璃管一層附電氣圈分三段皆繞於玻璃管之外每段長五寸兩端之段用第三十三號之銅絲每段內長二萬五千五百七十五尺中段用第三十二號之銅絲長二萬二千五百尺共長七萬三千六百五十尺銅絲外皆包蠶絲增電氣器有三皆用有漆之紙三層與錫箔相間其一約有錫箔五十平方尺其二約有錫箔一百平方尺其三約有錫箔一百五十平方尺有螺絲能或連或分此三器其傳斷電氣之器用手轉動閘輪有簧壓於輪齒齒於簧端各有箔面簧以螺絲連於架可配準其壓之輕重使閘輪易轉轉若慢則原電氣銅絲傳電氣之時長而鐵絲捆有大吸鐵力忽斷之時得極大附電氣力發火星甚長甚濃有聲轉速漸加則發火星之色漸白略同摩器之收筒所發之火星轉速更大則傳斷電氣間之時極小鐵絲捆不及有吸鐵力空氣內之白光不見

用韋思敦之轉動鏡觀之見一次所放電氣其火星形長而不分若另加一來頓瓶而放電氣則火星雖減而甚亮用轉動鏡觀之易見二火星

賈西加倩利記造此器賈西胡之意如全用三段將最大之力約能發火星長十五寸然未敢使發此大力也有一

次用硝强水化器五件每件之鉑片長八寸闊四寸全用三段發火星長十二寸又四分寸之一用二段發火星長十寸用一段發火星長五寸

繞附電氣圈銅絲之法自內圈起漸繞向外周與水手盤繩於艙面同第二層自外漸繞向內如此至圈成則圈不畏磔開之險但雖有玻璃管與象皮其附電氣之內層亦能傳至原電氣之外層乃其病也

卡蘭用鐵絲作附電氣圈圈長五寸用生鐵發電氣器三件各四寸方發火星長四寸又八分寸之一

羅密賈弗所造極大者附電氣圈銅絲長約六十英里傳斷電氣用尖鉑片進出於鉑與汞相合之膏上有醇蓋之或用手或用小電氣吸鐵條動擺形之桿使鉑片進出用本生發電氣器一件炭板長七寸闊六寸發火星長三寸又四分寸之一用器二件則發火星長六寸半用器三件則發火星長十寸半用器四件則發火星長十二寸又四分寸之一用器五件則發火星長十四寸用器六件則發火星長十五寸用器七件則發火星長十六寸用器八件則發火星長十九寸銅絲幾壞矣

同治元年英國博物院內有布國京都細門司公會所造之附電氣圈其說云附電氣圈銅絲之長二萬零七百五十枚用顧路法發電氣器六件能發火星長一尺至二尺知附電氣圈銅絲之長十二萬九千枚即八十英里故以銅絲之畏論之不及羅密賈弗與利記之器也

辣得用六英里至七英里長之銅絲作附電氣圈以顧路法硝强水器五件鉑片長四寸半闊五寸發火星長八寸至九寸

附電氣所顯第一百八十七節

空氣內發火星將粗銅絲二條端稍相離以附電氣傳過則見火星之形成二三條火俱稍彎發電氣器若加大則所發火星與聲與光皆加大原電氣銅絲傳斷電氣慢則火星更長因成附電氣必費時也凡用附電氣器時若以金類絲或易傳電氣之流質連附電氣之二極則有二種電氣迭更以對向傳行若以薄空氣分隔附電氣之二極則單有斷電氣時所發之一種電氣而傳電氣時所發之一種電氣不至附電氣銅絲而留在原電氣銅絲故附電氣銅絲所有之附電氣俱以一向傳行逐一相隨甚速也在暗處觀附電氣火星見有黃綠色之氣圈其火星形略似卵大半圍於負電氣極氣層之厚依發電氣器之力輕噴空氣于火星則氣層變成亂形爲茄花色而火星不甚改形

各氣質內發火星以銅絲入玻璃管二口之內二端相距約四分寸之一將玻璃管之二口密封之以附電氣傳過銅絲則能現紅霧十分時至半小時之久乃養氣與淡氣化合也白格路與弗路美二人已用此法試淡氣若擠緊之則火星短而光濃與原電氣相同如散鬆之則火星大而光淡輕氣則火星光淡而色深紅炭養氣則火星光濃而色白用附電氣傳過盛養氣之管發火星能成電矣

附電氣化分氣質將附電氣火星傳過淡輕氣則發淡紫色光外有青色之邊淡輕氣速化分體積增倍火星變爲紅紫色知成輕氣噴水入管內體積不減故附電氣圈化分淡輕氣得原質甚便也附電氣傳過各氣質成火星之器如第二百七十四圖係白弗與哈夫門所造用細鉑絲銲入薄玻璃彎管之短段再用磋磋平其頭使不伸出玻璃之外另有鉑絲繞於管外略至彎處兩端成小圈與前鉑絲相接將玻璃管滿盛汞而短段內盛欲試之氣質全管入盛汞之器內將附電氣圈之二銅絲一浸於管中之汞內一浸於外器之汞內將管移下至外鉑絲過汞面附電氣即傳而管內有火星移上附電氣即斷

第二百七十四圖

流質內發火星以附電氣傳過易傳之流質無火星傳過難傳之流質或極難傳之流質則發火星及聲傳過油內則火星白綠色醇內則火星紅色而有聲松香油或炭硫火星甚光亮將油盛於玻璃罩內覆於水面以包象皮之二銅絲自水內彎入油內而二端相距不遠以附電氣傳過則發火星而有聲又發輕氣能燒以包象皮之二鉑絲在淡強水或銅養硫養水內亦能發火星

鬆空氣與別氣質內發火星附電氣圈之電氣傳過極鬆之空氣能見北曉狀之光如第二百七十五圖用杯深四寸徑二寸其面三分之二包錫箔上口一寸半則否杯安于玻璃板上玻璃板上加玻璃罩罩上蓋玻璃板玻璃板中有銅絲通過用皮使不洩氣銅絲在罩內之處外包玻璃附電氣圈銅絲之一端連於此銅絲一端連於杯內錫箔所通出之銅絲抽鬆罩內之空氣則自杯底發淺青之光初時忽有忽無斷則空氣益鬆光連而不息漸大而升愈升而愈亮至錫箔之上邊則溢出至玻璃板

第二百七十五圖

用玻璃管長三尺至七尺徑一寸半至二寸二端有銅絲連至附電氣圈抽鬆管內之空氣則管漸光亮管內空氣愈鬆則有大紅色光帶愈亮稍放入空氣則光帶不見而

仍僅有小光再放入空氣則光絕無再抽空氣則光再大光之大小略依空氣之鬆緊

附電氣傳過各質而在眞空成光層第一百八十八節

固路法屢考附電氣傳過金類能生熱而云得乾燐塊安於金類小杯內上加玻璃罩罩上有銅帽與銅絲罩內成眞空氣而以附電氣傳過則得分層之光光中有多橫黑條羅密賈弗試醇成之眞空所見亦同而正極所發之紅光中有移動之黑條

電氣蛋如第二百七十六圖用玻璃作卵形中爲眞空有二球爲極相距約三四寸以附電氣傳過之則正負二極之色與形與位各不同負極之周圍爲色青而平勻正極之外色紅如火而一邊偏多連至負極細觀二形見分多層光黑相間又用木內蒸出之酒松香酒醇煤油錫綠等物盛於其內以大力之抽氣筒使成眞空亦易見光層而清光色多層而成堆形近於負極之各層形如杯內凹如球位與形皆定末層極近於負極而不相切光色淡紫有黑色一層分隔黑層之厚依空眞之數用松香酒之眞空黑層最黑

第二百七十六圖

獨用附電氣圈之銅絲端入於眞空罩內則其光較前法軟鐵條外繞包絲之銅絲而安於電氣蛋上口之內如第二百七十八圖抽鬆內之空氣以附電氣如法傳過則成深紫色之光帶再用小發電氣器連至軟鐵條外之銅絲則光帶繞軟鐵條而轉動調換附電氣之二極則光帶轉動亦調換此之電氣光繞轉與傳電氣銅絲繞轉吸鐵見第二百十一圖相同也

第二百七十七圖

第二百七十八圖

顧韋試附電氣傳過眞空而同時連傳顯器則不甚鬆而光尚未甚定時不見針偏至甚鬆而光定時則見針偏先見正極有紅光至極眞時見負極外有青光

附電氣路內若有大阻力或以二附電氣以對向傳過玻璃蛋內則正極外之光與負極外之光略同如第二百七十九圖

第二百七十九圖

賈西何考得眞空成光第一百八十九節

賈西何詳考各物成之眞空內電氣光之分層以附電氣

傳過汞成之眞空管內則滿大光甚濃常無分層色如燒燐濃淡依發電氣器之力賈西何謂眞空甚眞而用固路法發電器一件則光能分多層自正極直至負極之紅色光所包青光外之黑處

汞成之眞空管汞甚純而沸過者則光分層如第二百八十圖若管內稍留溼氣則光常不能成層如第二百八十一圖將管安於極冷之料內使溼氣凝水光即能成分層韋而書用汞成眞空而汞未沸過者易考得此狀

第二百八十圖

第二百八十一圖

沙梨形之玻璃器如第二百八十三圖內徑三寸銅絲二極相距五寸滿盛淨汞而沸之用抽氣筒自底抽去之而下留汞蓋滿負極以附電氣傳過則器內滿青色之光而無層正極之銅絲發甚光亮之點而負極之汞面發白光十層厚八分寸之一似燒燐之狀如第二百八十二圖共長二十五寸大段長十八寸徑七寸銅絲二極甲乙相距二十二寸鉀養安於小段內滿炭養氣而抽出將鉀養用酒燈火加熱則以附電氣傳過則光分大層而不相連

第二百八十二圖

第二百八十三圖

而至器之左右二邊其狀似雲易辨人手若近於器則雲形之光俱改變狀甚奇

用發電氣器一件眞空管內不見電光用顯器測附電氣圈顯有電氣

將附電氣圈銅絲二端各連鉑絲切於鉀碘水所溼之生紙以原電氣忽傳觀生紙近鉑絲端有碘知有附電氣以原電氣恆傳而將附電氣圈至溼銅絲二端各連鉑絲仍切於鉀碘水所溼之生紙觀生紙近鉑絲端無碘可知無附電氣鉑絲仍切於鉀碘水所溼之生紙而將原電氣忽斷則觀生近對面鉑絲之端有碘比前數更多

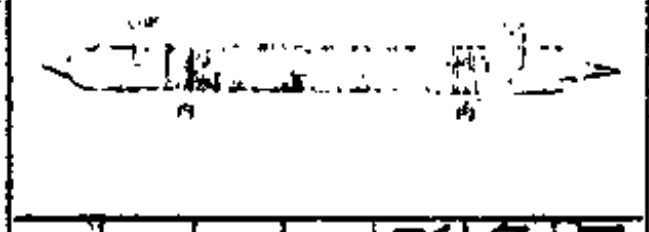
賈西何考正極所成光層因阻電氣之傳而生或否用二銅絲圈使二電氣相合見二電氣之向無論或同或異能另見二電氣之光層但彼此相合而成亂形放正電氣者其濃大於放負電氣者故光之體亦長賈西何試一管長五尺八寸內光能分層又將吸鐵條近於管則各光層因吸鐵氣大改形如將二極迭更對光層則變成紆曲之式因光有繞吸鐵極之性也

以附電氣入沙梨形器而以汞爲負極如前第二百八十三圖使汞溢至大泡內距正極約二寸則電氣光略成直線將大力電氣吸鐵之極近於玻璃器則所發之光橫吸

鐵極而偏成正角若電氣自正線極傳至負汞極而吸鐵條以北極近之則自吸鐵條望電光而觀之見電氣偏向右而光有紅點直過汞面而偏過

電氣光層之形有二種眞空管長三十八寸者如第二百八十四圖甲乙爲金類絲相距三十二寸丙丙爲錫箔皮包於管外長二寸易於移動附電氣圈銅絲二端連於二金類絲而有附電氣傳過則管內成光層依電氣吸鐵轉動之例見篇一百五十節若電氣自此錫箔向彼錫箔而各光層分轉將管安於大力電氣吸鐵之兩極之中則所有之各光層一幅向吸鐵條彎處將管安於吸鐵之北極則各光層至管之邊將管安於南極則各層改其方位而至對邊爲凹形

第二百八十四圖



賈西何名第一種光層爲原層第二種光層爲附層試電光層之形與熱度之相關如第二百八十五圖用杜利雪利眞空管長二十二寸內徑一寸又四分寸之三甲乙爲鉑絲相距十九寸管內之汞溢於鉑絲之上傳電氣之一極爲鉑一極爲汞面丙爲玻璃器可盛以脫及定質炭養爲凍冰之料用繩挂管使管之下端不入凍冰之料內用硝强水發電氣器一件而附電氣傳過其二鉑絲則管內之光明而大如分朵之雲內有黑層長十四寸至十五寸若將吸鐵條切於汞面則負極發光藍色而正極有各光層如雲自上落下若吸鐵條移動則能藍光色能或漲或縮甚奇將管之下端浸於凉冰之料內能冷至下八十五度而傳附電氣則光不成層僅在正極有小光點以吸鐵條之北極對此光點之一邊或南極對此光點之對邊則能另得一光點將管提起離凍料則水銀漸鎔熱度漸大至上二十度則仍有各光層

第三百八十五圖

再試一次得管內之汞加熱至沸度即不見各層之狀而永在管之冷處凝時電氣自凝處放出

全眞空不能傳電氣第一百九十節

眞空管內能見電氣光分層者以管內之眞空不全而尚有鬆氣能傳電氣也賈西何曾用炭養氣成全眞空以電氣試之管內絕無光亮管之一端不能發火星故全眞空阻電氣之傳更甚於空氣也

用能傳電氣之兩眞空管一管連於附電氣圈之外極一管連於內極則連於外極者比連于內極者更光亮又加以銅絲或能傳電氣之管連前二管則各管之光層黑層清而明與獨用一管者相同若以炭養之全眞空管連前二管則二管交互放電氣光而炭養之全眞空管內無光

眞空管內光層之變 第一百九十一節

眞空管內之負極銅絲若外包玻璃管而伸出銅絲之外八分寸之一則管內不成光層而僅有平勻之充電氣之濃若減則近正極銅絲仍成光層負極銅絲若與管中線稍斜如第二百八十六圖則所放之電氣遇管邊而遇之一邊甚亮如將吸鐵條之極近於管則能使其光縮小又一極近於管能使其光彎過而至對邊如第二百八十七圖電氣之濃若減則正極成光層將吸鐵條之極自負極點移過管外則各層不見

第二百八十六圖

第二百八十七圖

可知有力自負極發出與自正極發出者相同也

電氣在眞空內成光層等事有簡法試之用管盛滿炭養氣而抽去之尚不能盡再用鉀養加入漸漸收盡餘氣初時光行如浪氣漸鬆管內光滿而平勻正極有小而薄之層負極外有藍光若氣更鬆則各層全滿管內至離負極約一寸則有暗處負極之色甚紅若氣再鬆則各層光更分開管長二十寸者黑處長六寸至八寸氣再鬆則各層成圓錐形而有時不見光層但有淡而平勻之光至末而炭養氣全盡則光亮絕無可知全眞空不能傳電氣也

該司拉曾作多種大小眞空管盛各種氣質之甚鬆者致格器店有出售以附電氣傳過各種氣管能得各色之光甚佳

眞空管內各層光之故 第一百九十二節

固路法之理云原電氣斷時附電氣之向與原電氣之向相反而此附電氣能發光此附電氣外在原銅絲另有附電氣與原電氣之向相同而於火星原電氣斷時能成火星此爲第二次附電氣而入於附電氣銅絲之內故原銅絲斷時附電氣銅絲有二附電氣傳行而向相反故電氣亂行而眞空內之光能分層進第二次附電氣小於第一次附電氣故附電氣若先過難傳電氣之物使足阻第二次附電氣而不阻第一次附電氣則光不能分層故附電氣先過難傳之物能阻火星傳過則管內無光層不阻一

火星傳過則管內有光層試以大眞空管長十六寸徑四寸接測微器則無火星而管內有平勻之光而不成層不用此器則火星能傳過則管內之光成層

收箭摩電氣之光星傳過用附電氣能發光之管不能見光層固路法謂此即其理之略據也凡各眞空管皆可使成光層或不成光層故成光層不在極薄之眞空在所用之電氣

賈西何所試之事與固路法之意不合賈西何用來頓瓶之電氣自涇繩傳過眞空管用涇繩而阻電氣管內之光層亦淸故以爲固路法所試者因附電氣太濃也又依固路法之法用大眞空管與涇繩試之能成光層知光層非因第一次附電氣與第二次附電氣亂合而成乃因電氣傳過之濃而成賈西何又試炭養眞空管加阻力使不成光層後得管內之鉀養加熱則再成光層乃知增阻力而管內氣質緊則不成光層更鬆則又成光層也由此能得賈西何理之證知光層確因電氣力感動極鬆之質也

以電光之色辨極鬆氣之原質 第一百九十三節

布路加設法考電氣傳過各種鬆氣之光色用寒暑表管內徑寸二三五八如第二百八十八圖中有玻璃塞門如丙可使二管內之氣相通用遠鏡觀管內之光線與弗蘭

第二百八十八圖

火法考日光線相同而不測其角度遠鏡離管約十四尺三稜玻璃鏡之折光四十五度安於像鏡之前而相近像鏡孔徑爲二寸分所得如左

輕氣之光聚成三帶一端爲光紅色再有青綠色再有紫色比前二色稍暗爲青綠色與紅色之相距三分之二管之小處有紅色

淡氣之光有各色俱光而青不似輕氣之光帶間有暗在紅色與火黃色與黃色之各處共有深灰色之窄線十五條略相距等又有火黃色與黃色六條俱鮮明離火黃色之紅色漸有棕色至輕氣光之紅帶外處色變光而鮮明黃色相近處有闊綠色帶中有窄黑帶綠色帶離黑色帶遠處亦稍有黑色詳觀此黑色知爲相距之黑色相距皆等而比前之紅色火黃色黃色之帶更相近其餘綠色處亦分開邊有明青色之二帶其二帶之間並綠色帶之間有窄黑帶影之青色端與紅淡紫色端間成淡色帶九條其第四第五光帶之光極大餘四條則光小外邊之末條最淸管之小處有黃紅色

炭養氣之光內有更明之光六條分成五處前二處等闊第三第四第五更闊六光條內之第一條近於紅色條之

外端第二條紅火黃色第三條綠黃色第四條綠色第五條青色第六條紫色五處內之第一處棕紅色第二處淸紫色與黃色此兩處各分成等闊之三條以黑灰色之窄帶爲界第三第四處暗綠色第五處甚暗色分爲二等分自紅色向紫色漸深淡紫色帶之外亦有黑色處略與紅黃色帶之處同闊黑處分成三條以紫帶爲界第一條與第六光帶相連與第三條皆是全黑色第二條深紫色闊略等第一條第三條之和初見之時第一條爲甚光之紅色多時之後光略散因氣化分爲炭養氣與養氣也養氣與鉑極化合成鉑養結於玻璃面爲黃色

布路格又試養氣能漸與鉑極化合而無故不能淸又試淡養氣不久亦化分而得淡氣之光極亮又試水氣化分得輕氣之光又試淡輕氣化分得淡氣與輕氣相合之光用各種金類爲極以附電氣傳過而觀其光可與鉑爲極所成之光相比便用之器如第二百八十九圖金類作小條連于螺絲而黃過硫象皮之架有螺絲能高低以配其金類小條之相距左邊之架全用鉑條右邊之架可用他金類小條以鉗夾之易於更換二架之下二螺絲用銅絲相連上二螺絲一連於附電氣圈之極一連於來頓瓶而亦連於附電氣圈之極二架之金類小條之相距已配準卽同發火星若安於觀光器之前用三稜鏡映至平面則二光星相合一上一下易見其不同二金類小條之間欲加別種氣則可容於小管內如用而置其間

第二百八十九圖

附電氣圈發大電光 第一百九十四節

買西何所用發電光之器如第二百九十圖用炭養眞空管內徑十六分寸之一繞成螺絲圈管端加大長二寸徑半寸如虛線內接鉑絲有木固之用附電氣圈之電氣傳過則光甚亮而白所用之附電氣圈在空氣內若能有一寸長之火星則電氣傳過十四英里長之銅絲光不減小杜馬法國人也與丙奴華用電光于開鑛之洞內用發化電氣器與羅密賈弗之附電氣圈及格色賴眞空管其光足爲開鑛人所用而別種燈不能用時用此燈可無危險且云發電氣器能發電氣十二小時不減器體不大能安於小箱內人手可攜用於開礦甚便其妙處因管內不生熱而管不壞無危險不發毒氣與毒質可任意點熄體積亦與常燈略同

第二百九十圖

道光十五年馬孫用附電氣圈積電氣於來頓瓶令圈之二極連於來頓瓶之內外皮而內外皮亦連于不通地之放電氣器放電氣器之二球相距五分寸之一使電氣連放則光星大於不用增電氣器者其光星之大與增電氣器及發電氣器之件數有比例

咸豐五年固路法貢西何試用附電氣圈積電氣於來頓瓶而器益大所得甚趣於附電氣圈之外極遠于來頓瓶之內皮而內極連於外皮則所放電氣之光與聲增太若加發電氣器之件數則光與聲不再增而圈內鉑之傳斷電氣器速燒壞若用更大錫箔之來頓瓶則光與聲增太發電氣器之件數再加而鉑之傳斷電氣器亦不燒壞光聲亦益大

附電氣常成之火星與連于來頓瓶內外二皮所成之火星大不相同附電氣常成之光星安靜而軟而不猛惟能速燒木與紙與火藥連於來頓瓶所成之火星則有大聲而形亦太惟不能燒木與紙與火藥因加來頓瓶則所放電氣之數不改而放電氣費時之多少則有改也附電氣傳過附電氣圈因路長而費時必多其光星必耐時更長與來頓瓶用逕線傳電氣相同故用來頓瓶所發之火星因時短而光更大聲亦更大

法辣待試二種火星性之不同將鉑絲一條橫加於來頓瓶上之銅球以附電氣之二極移近鉑絲二端而不相接則有二斷處而二斷處之火星相同若將附電氣之一極連於瓶之外皮則外皮所發之火星與聲俱大惟不能燒火藥與木觀此雖信電氣之大小仍如前也

附電氣之一極連於來頓瓶之外一極近於瓶上之球則原電氣圈每傳電氣一次球與相近之極見一軟火星而爲雙火星因初附電氣起時積於瓶中之電氣至附電氣完時放回本處第一次放之電氣令空氣稍熱備第二次放電氣也粗觀爲單火星用鏡觀之知能分見雙火星

試此各事必附電氣圈之外極與瓶上之銅球相切若瓶不通地者則無論相連如何皆可若用二圈依法連原電氣銅絲與附電氣銅絲而用硝強水發電氣器十件至十五件積電氣於七平方尺錫箔之來頓瓶則放電氣之火星長四分寸之三能打穿粗厚紙聲大而連

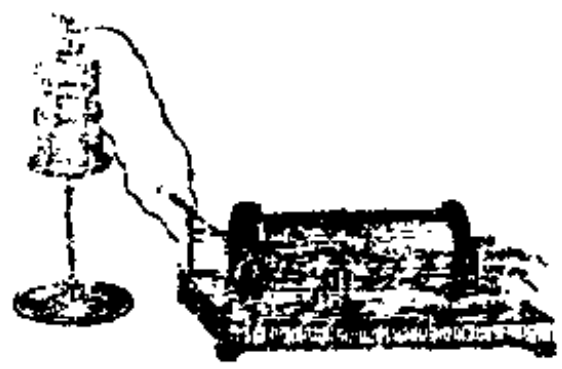
用羅密貢弗大附電氣圈（如第一百八十六節）則可將多連之來頓瓶積電氣與放電氣甚速聲亦甚大然惟瀑布水之法最可觀（如第四十六圖）用六來頓瓶每瓶有錫箔面二平方尺能得極大之光星長約六寸而不斷聲極大用一來頓瓶則光星長二寸半用二來頓瓶則光星長三寸用三來頓瓶則

光星長四寸又四分寸之一用四來頓瓶則光星長五寸用五來頓瓶光星長五寸半

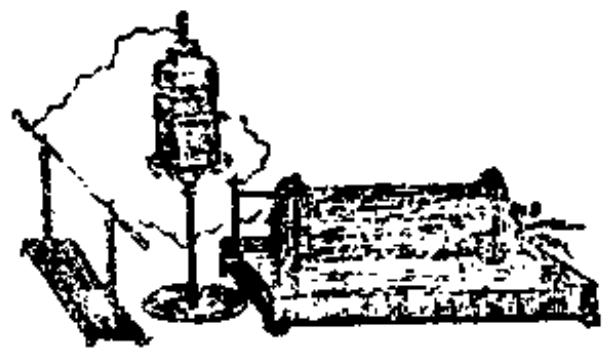
以附電氣迭更積放於來頓瓶如第二百九十一圖來頓瓶之內外皮連於附電氣圈之二極而路內並連放電氣器其二極點相距約一寸則附電氣圈常積滿附電氣於來頓瓶而放電氣器常放之

附電氣可積入來頓瓶而不放與摩電氣器相同如第二百九十二圖來頓瓶之外皮連於附電氣圈之一極內皮連於放電氣器之一邊放電氣器之又一邊連於附電氣圈之又一極放電氣器之二極相距二寸至三寸

第二百九十一圖



第二百九十二圖



附電氣圈之極若用金類等易傳電氣之質連之則有二電氣迭更傳過而向相反其極分斷時則僅有一電氣能現力因原電氣斷時所成之附電氣濃於傳時所成之附電氣其不濃者在原電氣圈已散而不傳至附電氣圈（詳第一百八十一節）所以來頓瓶能連收電氣而非迭更收放電氣放數電氣星過後可移去來頓瓶而以常法放瓶內之電氣如用羅密賈弗之大附電氣圈（如第一百八十六節）則數秒時內能積滿電氣於十平方尺玻璃面之多連來頓瓶

英國　傅蘭雅　口譯
無錫　徐建寅　筆述

英國瑪挨德著

西白克考得熱電氣 第一百九十六節

道光元年普魯士京都百林之地博物士西白克考得熱電氣之理謂金類之兩端冷熱不同則能發電氣其器甚簡用銻與鉍等二種不同之金類條將端銲連成圓圈或長方圈用酒燈加熱於相接處而對面包生紙數層溼以以脫使發冷即發電氣傳行於條內如第二百九十三圖丙丙爲紅銅薄條彎成二方曲銲於鉍板乙乙之上鉍板正合吸鐵經線二者之間安指南針於接處用酒燈加熱指南針速偏有電氣自熱處傳至冷處如箭之向又如第二百九十四圖以鉑絲與銀絲作二架而中有尖針在彎吸鐵條二端之上以酒燈安於彎處而加熱於金類絲則發電氣而二架各能繞吸鐵極而轉將鉑絲繞成二平螺絲而上下相疊二端連於極精之測器將一平螺絲加熱至紅則測器之針偏知有電氣自熱處傳行至冷處

第二百九十三圖

第二百九十四圖

將金類絲一段牽之極緊一段不牽緊而於其界加熱則發電氣自緊處傳過過熱處至鬆處

金類發熱電氣之等次 第一百九十七節

曾試金類熱電氣之性與金類之能傳熱能傳電氣及其質之以水較重各不相關凡作熱電氣器最要者宜用最正電氣之金類與最負電氣之金類相合克明將數金類依次成列如左將列內無論何二金類相連於相連處加熱則發電氣而上者爲正下者爲負於相連處加冷亦發電氣而上者爲負下者爲正

鉛硫礦　銻　汞　鎳　鉑　鈀　鈷　鎰　錫　鉛
黃銅　鋅　金　紅銅　銀　鋅　鎘　炭　鉍　鉛　鐵
鉀　銻

馬的生選各質在四十度與一百度之間發熱電氣之性而列表以銀與銅相連所發熱電氣之力爲一其電氣自銀傳行至加熱處表內銀與各金類加熱至同度所發電氣之力註於各金類之下凡正號者電氣自銀傳過熱處至他金類凡負號者電氣自他金類傳過熱處至銀金類之純者謂極純而絕無他質相雜者也

馬的生金類熱電氣次序表

正號者

常鉍軋成之絲	三十五八一
純鉍軋成之絲	三十二九一
純鑄鉍	二十四九六
鉍顆粒順其軸	二十四五九
鉍顆粒橫其軸	十七一七
鈷	八九一
鉀	五四九
鎳	五〇二
鈀	三五六
鈉	三〇九四
純汞	二五二四
鈣	一二八三
鎂	一一七五
純鉛軋成之絲	一〇二九
純錫軋成之絲	一〇〇〇
紅銅絲	一〇〇〇
鉑	〇七二三
鈦	〇一三六
純銻軋成之絲	〇〇三六
鈾	一〇〇〇

負號者	
硬枯煤 燒煤氣成者	〇〇五七
純鋅軋成之絲	〇二〇八
電氣結成之純紅銅	〇二四四
純鎢	〇三三二
銻壓成之絲	一八九七
鎳	二〇二八
鋰	三七六八
純鉀	三八二八
鈣	四二六
造琴用之鐵絲	五二一八
銻顆粒順其軸	六九六五
銻顆粒橫其軸	九四三五
純紅色磷	九六〇〇
純鑄銻	九八七一
鈔十二分錫一分鑄成十三六七〇	
銻二分鋅一分鑄成二十二七〇	
純硒	一百七十九八〇
純硒	二百九十〇〇

奴比里與密奴尼所造發熱電氣器如第二百九十五圖

第二百九十五圖

第二百九十六圖

層平行排列而成方捆長一寸又四分寸之三徑約一寸銻條與相間之銻條以端銲連首條與末條各連紅銅絲紅銅絲連於銅絲釘釘通過象牙象牙連於外殼外殼與各層銻條銻條間之空滿以不傳之質如蠶絲與紙分隔密奴尼用此器試熱發散之理以銅絲之兩端連於測器觀測器針之偏可知二邊有熱度有改與否

第二百九十七圖

第二百九十八圖

又有發熱電氣器二種陸克所造者如第二百九十七圖共有銻與銻條三十對至一百對二端相連同安於金類筒內以石膏滿其間而條端外露各連傳電氣之銅絲銅絲之端各連螺絲全器之下有盛冰之器而上蓋燒熱之鐵板則能發電氣矣華得更司所造之大器如第二百九十八圖用方銻板與方銻板多對相間銲連共藏於架內而上下相連之處外露稍改二端之熱度即能發電氣若用加熱鐵塊與冰塊安近二端則能顯電氣之各性如電火星電氣吸鐵化分物質等是也本生之法用銅鐵硫與銅相連或錳養與銅或鉑相連用十對者發力等於但尼里化器銅面積二·一七平方寸之一件司反用鉛硫顆粒與銅鐵硫相連用一對之力與但尼里化器一件之力略如一與五五之比馬可司用紅銅十分鋅六分鎳六分相合與銻十二分鋅五分銻一分相合者各作板長七寸闊七分厚半分用蠟絲相連用一行煤氣燈加熱其下之相連處用噴水加冷其上之相連處用二對者其力為本生器一件之力二十五分之一用六對者可使水化分用三十對者可使電氣吸鐵起重一百五十磅用一百三十六對者能每分時化分水得輕養氣二十五立方寸又能鎔化七八六徑之鉑絲

熱電氣器所噴之水電氣斷時受熱速電氣傳時受熱慢即此可為熱化為電氣之據蓋電氣傳時熱化為電氣故水之受熱少而慢也

馬克司報于澳國博物會云曾造火爐每日燒煤二百四十磅能使熱電氣器七百六十八對板發電氣其力等於本生硝強水器三十件

華司敵曾依馬克司法作熱電氣器云將金類條屢次鎔

之使電氣力增大恐因顆粒之鬆也用四十對條能發火星能鎔鉑絲長半寸能化分水能銅面鍍銀能使電氣吸鐵起重一百六十八磅能令羅密賈弗附電氣圈之原銅絲與附銅絲各發光星皆與化器相同而力等於但尼里化器二件

減熱加熱之理 第一百九十九節

倍勒體愛之理云電氣連傳過二金類如自銻傳至銻則有減熱如自銻傳至銻則有加熱道光十三年時立論云凡由熱而發之電氣則由電氣所發之熱僅為補不同金類相連之處所少之熱也若電氣專用以發熱者則不收熱之各物所發之熱必與本熱相同咸豐二年田大里以妙法證之如第二百九十九圖乙為彎銻條甲甲為銻條銲連於銻條之端入於輭木杯中之水銀內而以銅絲連於化器丁電氣傳行如箭之向而在寅點自銻傳至銻在寅點自銻傳至銻則按倍勒之說寅點之永必加熱而寅點之永必減熱電氣傳過三分時而斷之用甲乙測熱器浸於寅內見速偏三十八度可知其已減熱矣待其回至○度浸於寅內則偏負六十度可知其已加熱矣銻銻二條在輭木之內故在相連處不能冷速必待一刻而始能冷至與外空氣同熱反其電氣傳行之向待三分時則寅之熱不但減盡且又生冷能令針偏負二十度廉子云如將銻銻二條之端銲連成角而兩端連於化器之二極電氣若自銻傳至銻則減熱如在銲連之處作小凹以三十二度之水置於凹內速變為冰

第二百九十九圖

鹽類燒鎔而發熱電氣 第二百節

晏得路司云易傳之鹽類已鎔而有不同熱之二金類與之相切能發電氣雖物之愛力甚大此電氣能勝之其電氣甚濃於平常之熱電氣易於化分水等質晏得路司用不同熱度之二鉑絲切於燒鎔之硼砂小粒其所發之電氣能化分鉀碘又考得鹽類未鎔之前亦發電氣但傳行之向不合簡便之例而改變最奇

英國瑙挨德著　英國　傅蘭雅　口譯
無錫　徐建寅　筆述

一章陸地電報

電報之始　第二百一節

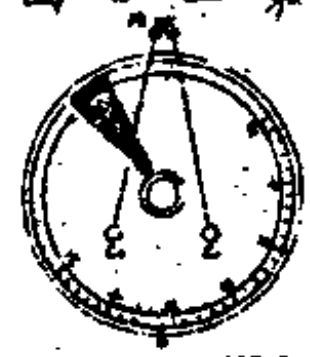
銅絲能速傳電氣至數里之遠故電氣學家思藉以傳信即電氣之始也

乾隆十二年華德生以電氣傳過二英里之長在水內之銅絲如第三十五節用摩電氣者乾隆三十九年知尼法人勒沙時之法共用銅絲二十四各不相連每銅絲連一樹心球以摩電氣傳於某銅絲則其樹心球動而即爲某字母或某記號又路門得之法畢用一樹心球乾隆五十九年日耳曼人來沙之法用電氣傳過中有斷處之錫箔片而發亮斷處有字母之形某處發亮即知某字母乾隆六十年西班牙人賈法路云放來頓瓶之電氣傳於銅絲銅絲之端有爆藥能燒由爆烈之聲以傳信乾隆五十二年比旦果在西班牙亦試此法

路開子電報　第二百二節

嘉慶十七年路開子刱造至道光三年而詳傳之如第三百圖用黃銅圓板面分爲二十分點每分點有一數目字

第三百圖



一字母一記號數目分二副自一至十字母依次順而不用JQUXZ五字母圓板連於秒擺鐘之輪轉動而前又有圓板中心相連可用手轉動有順極之長孔使後圓板之字外露於丙釘挂二樹心球丙釘以銅絲連於筩形摩器筩徑六寸

二處以銅絲長五百二十五尺相連銅絲外套玻璃管而置於木槽內以巴麻油塞滿之於地挖成四尺深之溝容之

他處亦有秒擺鐘與圓板等二鐘齊動而時無大差銅絲若積電氣則二處之樹心球同時相離放電氣則同時相近外板孔見某字母而放電氣則他處亦見此字母以筆記之則可傳信矣

此法甚巧但不知能否遠於五百二十五尺曾報於戰船部回論云當時國家無須迅速報信汝法不足用也

色末令電報　第二百三節

嘉慶七年色末令用電氣化分水之法爲報用三十五金針通過玻璃器之底器內盛淡強水三十五針內二十五爲字母十爲數目各金針用銅絲連至三十五板各板共橫連於木條每板之前有小孔可接二銅釘一釘連於至

發電氣器之正極一釘連於負極每板與坡璃器之每金針相配板上刻字母與數目字人手中執二箇黃銅釘插於某板之二孔電氣即傳而他處坡璃器內之某金針即發水泡而傳某字母矣若發回之時有長短及泡有多少則可但用二銅絲而不必用三十五銅絲也又色尾加之法用二發電氣堆而二堆之力大小懸殊或用大力者或用小力者或二者並用亦可傳各字母

嘉慶十五年美國可克司設刱用化電氣之法有二一化分水一化分金類鹽類

失令告司章巴三人之電報第二百四節

嘉慶二十四年回司對特考知電氣吸鐵氣之後見第一百七十四節安比爾刱法報於法國京都博物會云用銅絲圍圍於指南針之外可以傳信道光二十二年失令刱造之法用鉑絲數根各不相切以蠶絲捆之又有銅絲圍圍於五吸鐵針之外銅絲圍連於發電氣器有機能使電氣或斷或傳而使五針行動電氣一傳即有一針稍動而放一錢落下遇某闌鐘之發機鐘即有聲

道光十五年告司與韋巴用吸鐵電氣器令連於銅絲圍以動圍中之吸鐵針圍有銅絲長三千尺有調換電氣器可使向二邊偏動用鏡以觀其偏數二處相距一英里又四分英里之一遠者曾用之

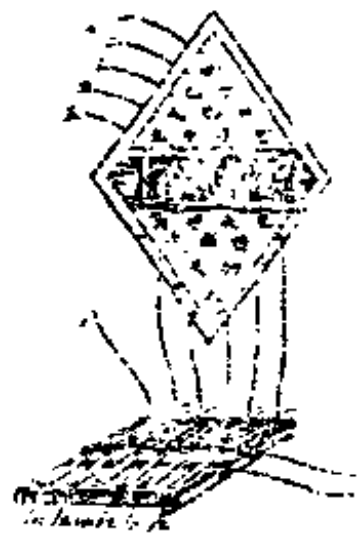
司透尼拉電報第二百五節

道光十七年司透尼拉刱造打鐘為報之法十八年報於法國博物會用吸鐵電氣器由單銅絲傳至動機之機而與地球成循環有不同者之二鐘可任打其一又法將機尖作小管而孟墨下有紙平勻移過成各點與聽鐘聲同意二處相距十二英里中間另有六處者皆用之以地球傳電氣實始於此由此而電報能大行也

古客與韋思敦電報第二百六節

道光十七年六月十二古客與韋思敦將其五針之法呈明國政云式如第三百一圖

第三百一圖



面有直立吸鐵針五有字母二木針後有銅絲圍以電氣傳入能使針偏動每二針偏動能共指一字母

每銅絲圍各連一銅絲至他處每銅絲各連一金類直條另有金類橫條二連於木架二橫條各連於發電氣器之一銅絲按某直條上之柄則電氣自某銅絲傳過而遠處之某針即偏動

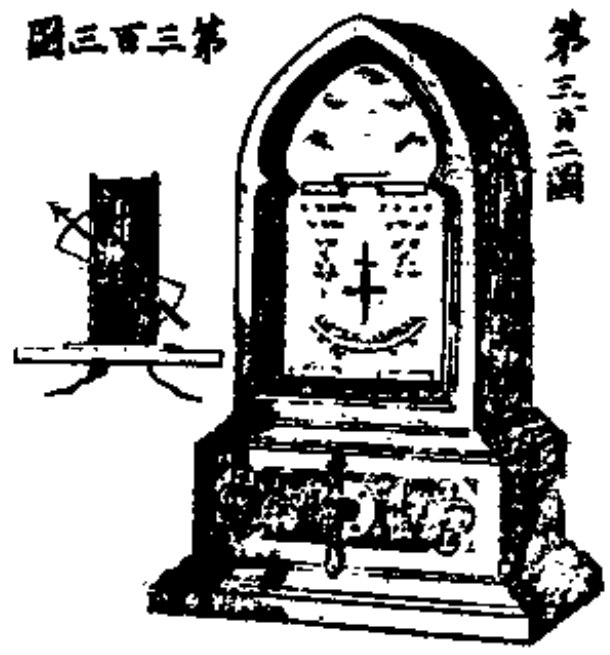
五吸鐵針之銅絲分自左右二邊而出各有一二三四五

等號凡同號者即屬相連字母僅用二十其JQUXZ等五字母不用各針有向左向右二動法同動二針則指一字母如同動第一與第五針即指V字若獨動一針即指數目如動第四針即知指數目爲四

古客與韋思敦單針電報第二百七節

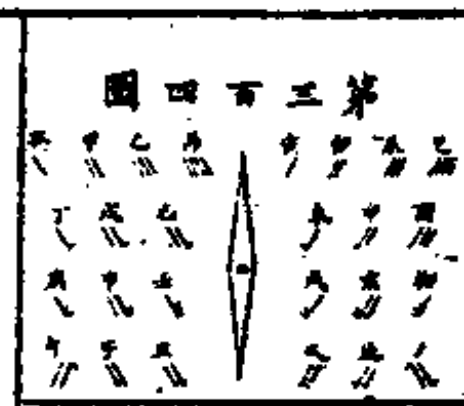
道光二十五年五月初六日古客與韋思敦將其單針之法呈明國政如第三百二圖第三百三圖有吸鐵針在銅絲圈之內以電氣傳過則針能偏電氣之傳或正或負則針之偏或左或右吸鐵針連正交之小軸軸至面外連直立之針以指字母外針或有吸鐵性而與內針相對或木針字母列於針之左右以偏動之次數指各字母至多者每字母針偏四次惟右邊每字母之末一次針必偏向右左邊每字母之末一次針必偏向左如W字則針必偏四次而三次向左一次向右如A字針亦偏四次而一次向右一次向左一次向右一次向左昔時所用單針電報字母之號如第三百四圖每字母依短畫起而依長畫止故針易明指各字母數目字則列於針之下以針之下尖指之如下尖一次向右一次向左即指四字下尖一次向左一次向右指九字餘類推內件之形如第三百五圖甲爲銅絲圈內有吸鐵針或用單針長一寸又八分寸之一闊八分寸之七兩端尖銳或用多短針連於象牙薄圓板之兩面指字母之外針長約三寸銅絲圈以螺絲連於上蓋之紅銅或木或象牙之架而切於外匣之邊銅絲圈之銅絲徑一百分寸之一外包棉線銅絲之右端連於螺絲庚而螺絲庚又連於螺絲庚螺絲庚連於器之底銅絲之左端連於螺絲丁螺絲丁連於切桿之紅銅條自紅銅條連直立之銅簧丁銅簧丁抵於連於黃銅條末之釘黃銅條有螺絲連於外匣之邊另有銅簧丁按於黃銅條對邊之一釘此銅簧連於黃銅板戊黃銅板之端有螺絲戊故戊銅絲圈左端之極如將銅絲物使庚與戊相連則電氣必自庚傳過庚入右端而出左端至丁過丁至戊而自螺絲戊傳至銅絲遠路而回至庚如自庚由銅絲傳至遠處遠處由銅絲傳至戊則無論銅絲所連一處或多處若有一

第三百二圖



第三百三圖

第三百四圖

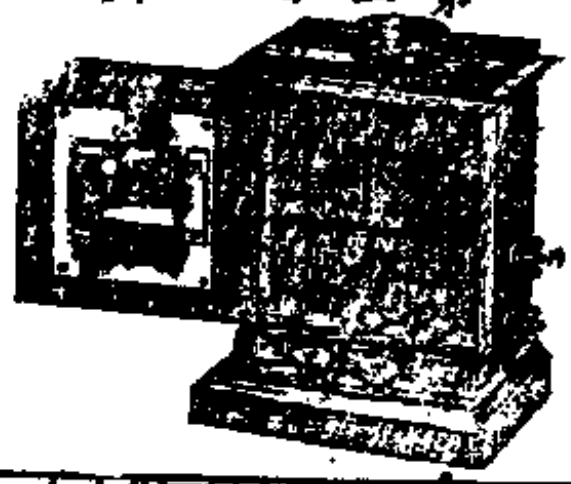


第三百五圖

處發電氣則此器之針能偏動矣

丁丁二鋼簧能使電氣或斷或反乙爲黃楊木段有柄可使轉動如第三百二圖哱段之兩端有黃銅胃丙人二胃中有黃楊木圓板分隔而不相切有鋼凸塊丙人以螺絲連於二胃丙以銅絲連至銅板人以銅絲連至鋅板轉動其外柄則黃楊木亦轉動而鋼簧丁與未釘相離則電氣斷再轉動則丙銅絲與其下之簧相切則黃楊木二端連發電氣器之一極而其針及所有相連遠處之各針皆必動柄向右轉針亦向右柄向左轉針亦向左外針之北極常向上丙之針北極常向下依韋思對特之例對器之面而觀針之上半若向右則知電氣在銅絲近之半向上有按柄之法單針電報用更之甚簡於戰事最宜如第三百六圖申申爲二簧申申以螺絲連於匣上鋅連多層之銅墊而恒向上切於銅橫條如丙黃端有象牙或烏木等難傳之物便於手按如卯卯簧下有二銅墊按下卯簧使切於銅墊則銅墊連至鋅板丙連於銅板申連於地球申連於銅絲圈

第三百六圖



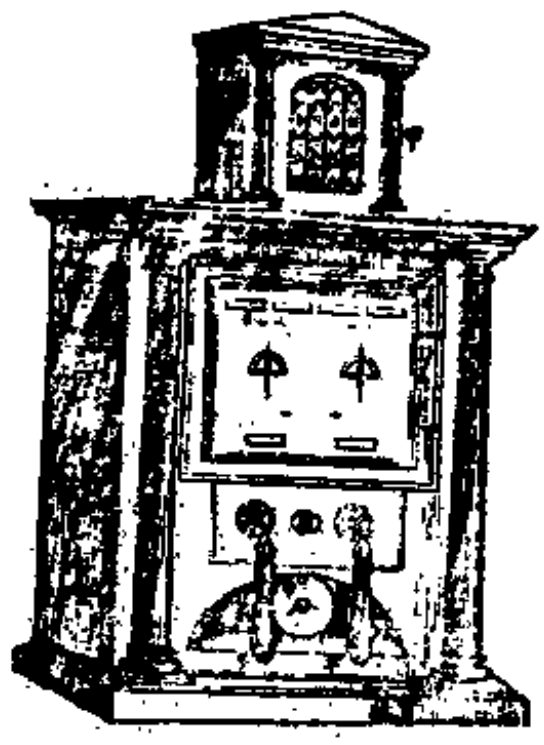
遠處有電氣傳來至銅絲圈針即偏動而自申過丙至申而至地球

按申簧則鋅板連於地球銅板連於丙與申而自此連至發信之銅絲圈再至發信之銅板各銅絲有正電氣傳過針必偏右電氣至最遠處而歸於地球按申簧則各銅絲有負電氣傳過針必偏左

古客與韋思教雙針電報第二百八節

雙針電報英國鐵路常用之如第三百七圖匣上下相登上小下大如甲丙丙動二針之柄如辛辛內有鬧鐘以器制之如申丙機與單針者同其外面與二針如第三百八圖字母自左至右與寫字相同分二處二在針之上二在針之下其上自A至P其下自R至V各字母之用法詳之如左

第三百七圖



第三百八圖

A左針向左動二次
B左針向左三動
C與一左針向左一動向右一動
D與二左針向右一動向左一動
E與三左針向左一動
F左針向右二動
G左針向右三動
H與四右針向左一動
I右針向右二動
J不用若欲用則从G
K右針向左三動
L與五右針向右一動向左一動
M與六右針向左一動向右一動
N與七右針向右一動
O右針向右二動
P右針向右三動
Q不用若欲用从K
R與八二針並向左動一動
S二針並向右二動
T二針並向左三動
U與九二針並向右一動向左一動
V與〇二針並向左一動向右一動
W二針並向右一動
X二針並向右二動
Y二針並向右三動
Z不用若欲用从

每字母畢則以左針向左一動以指面上⊠號若不明來信之意亦如此而反詰之若左針向右二動則指E借爲起動之意及是之意左右針之下有少待之號與續傳號最要假如倫頓有信欲報與杜法而杜法之人有事不便收信則速報B字而使少待有暇則即報W字而使續傳倫頓之人可速即傳信

各處能知其信是何處傳來其法最要假如倫頓欲傳信至頓不里知如前第三百七圖針之上下有六字爲二處間之鐵路要緊停車來口得頓不里知阿世福得夫格司頓倫頓杜法等六處之地名皆以一字母代之倫頓之人報E字而同時使鐘發聲頓不里知之人即速報R字則倫頓之人知頓不里知之人已備收信倫頓之人再使鐘發聲而起發信頓不里知之人收信每字畢而已明即回報E字不明則回報十號倫頓之人即重報之一信已完

倫頓之人使左針向右二動頓不里知之人再無他意亦回傳使左針向右二動

數目字與字母相必有法可別之故每報數目字先報H次報⊠如數目異類字者則在其中報W以間之設報H EWN為金錢四十三銀錢七或為四十三尺七寸自其文意可知何者若有特則可另立記號

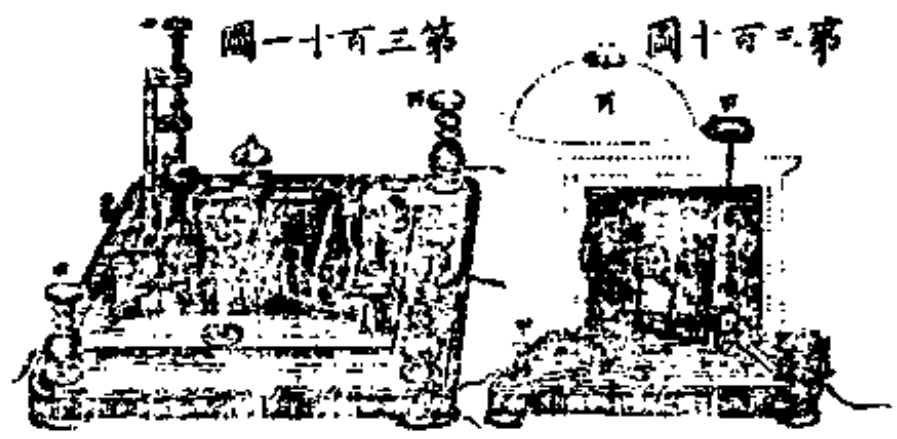
電報鐘 第二百九節

用齒輪與發條者如第三百九圖甲為電氣吸鐵條乙為軟鐵電氣傳過外銅絲甲即引乙乙甲之間各有小黃銅釘而頭加象牙電氣已斷軟鐵之吸鐵氣雖不盡失有此分隔相切仍易再離乙軟鐵連於丙桿桿端有鈎戊鈎接丁輪周之齒使輪不動後小黃如已按之甲齒輪接乙齒輪之小齒輪乙齒輪接壬齒輪之小齒輪壬齒輪接丁輪之小齒輪而兼動擺間擺間之軸連有雙頭推如圖

第三百九圖

電氣傳過甲吸鐵外之銅絲即引軟鐵乙而丙桿之戊鈎即放丁輪發條即使推迭更打鐘之兩邊電氣若斷則已黃挺丙桿使戊鈎接丁輪即不轉而鐘息此器用電氣力獨放鈎而用發條力打鐘故打大鐘與打小鐘同力

徑用化電氣之力者如第三百十圖丑為軟鐵條連於丁銅黃寅為推能打鐘酉為鐘未為黃連於戊螺絲戊螺絲連於地球發電氣器之電氣自甲至乙過電氣吸鐵之銅絲圈再過丁黃至軟鐵條至未黃而由戊至地球鬱吸鐵引軟鐵條即打鐘而又與未黃相離電氣即斷軟鐵即為丁黃所挺回而電氣再傳如此打鐘不息惟全用電氣之力故力必大若電報銅絲甚長者必連增力器增力器如第三百十一圖遠處之電氣至丑螺絲而過螺絲圈至酉螺絲而入地球則吸鐵能引軟鐵已而此處發電氣器之銅絲相接而使間鐘有聲若一館內有數處之銅絲者則每銅絲有增力器而可共用一間鐘各增力器同列於箱內箱蓋有孔增力器上有小桿如壬上端有某處之字對於孔內吸鐵引軟鐵時即放其鈎而小桿為螺絲黃未所挺上而某處之字即自孔內出於箱蓋之上即知傳信者為某處矣英國東南鐵路用此共長二百〇八英里用此已二十餘年共有間鐘約四百錄此鐵路公司主電報者準客之論如左



第三百十圖　第三百十一圖

雖有來往鐵路二雙停車處各有主電報之人然一雙鐵路內相鄰之二停車處例不准有二汽車同時起動所以汽車至此處必先報於前處而前處回報路上無車乃可再行如甲處報於乙處要往則必待乙處回報可來始可使車前往也

甲汽車自甲處到乙處或行過乙處例必速報於甲處甲處例必待甲汽車行過乙處始可使乙汽車起行

傳報汽車來往尋常之事打鐘極多者

向上行之汽車起行打鐘一次

向下行之汽車起行打鐘二次

車到打鐘三次

每號館內有發電氣器鬧鐘傳電氣之柄各一每停車處有傳號電氣銅絲主之者發記號而收記號如二處之間在有一停車處則此處必有不同音之二鐘分在房之二還聽鐘音而數其聲數可知或有車來或有車去或有車到及為某車

鐵路不通有物阻礙打鐘五次鐵路已通打鐘三次二回一雙鐵路而有二家之車來往則可打鐘一次為此家之車打鐘二次為彼家之車故事雖煩俱可用打之次數與不同音之鐘報之

電氣吸鐵標第二百十節

鐵路上來往之車多者既有鐘聲之號尤當有標見之號則更易知鐵路二處之間有車與否倫頓查令苦羅鐵路電氣吸鐵標可以為式植於號館外之角左有紅支右有白支各為電氣吸鐵所動觀二支之升降可知鐵路有車與否凡去之路有車則升紅支來之路有車則升白支其最妙者甲處僅能自使其白支升而不能使其紅支升然能使乙處之紅支升而乙則又能使甲處之紅支升二支用二吸鐵條與中之一電氣吸鐵條相近則以電氣傳過電氣吸鐵條則吸鐵條之支升反之則降

電報所用發電氣器第二百十一節

英國昔時電報之發電氣器用銅板與含足汞之鋅板各長四寸半闊二寸半鋅板厚十六分寸之三用滴木箱或橡木箱而長十五寸至三十寸闊五寸半用端石隔為十二膛或二十四膛板用灰連於箱而不漏水銅板鋅板共置於膛內與端石板平行迭更用銅條相連膛內各盛含矽之砂至距箱口一寸沙內加淡硫強水用濃硫強水一分淡水十五分用之膛數與路長有比十英里至十五英里用二十四膛四十英里至六十英里用四十八膛此種器新時電氣力甚大稍久力即小故後改用但尼里器或

固路法器也

英國今時電報常用銅養硫養發電氣器名爲苗而海特法其橫剖面如第三百十二圖鋅板約長四寸闊二寸銅板約長四寸闊三寸已已爲瓦筩盛銅養硫養濃水安白蠟外筩之內外筩內盛甚淡之硫强水每木箱內盛外筩五雙內瓦筩對鋅板處無油而能漏水他處皆有油使二種强水不易相和

第三百十二圖

用鋅養硫養水可代硫强水則鋅板不必含水銀當用消化飽足之鋅養硫養水與淡水等分相和若太濃則在鋅板結成顆粒而不發電氣矣鋅板若與瓦筩相切則器內自成循環路而有銅結成於瓦筩內

內瓦筩雖有油仍難使二種强水不相和故用不能久

若將銅板與銅養硫養水並顆粒安於膛底而鋅板與鋅養硫養水安於上面則因重者在上輕者在下而用可益久

英國東南鐵路電報鐘之發電氣器用炭精鍍鉑與含汞之鋅與淡硫强水

陸地電報枝挂銅絲之器第二百十二節

電報枝挂銅絲之器以使電氣不傳散爲要如第三百十三圖第三百十四圖爲使電氣不散傳之各法如第三百十九圖爲銅絲連電報器之器如第三百二十圖爲固來得所設之三圖第三百十四圖第三百十五圖第三百十六圖第三百十七圖第三百十八圖第三百十九圖第三百十二圖

第三百十三圖

第三百十四圖

第三百十五圖

第三百十六圖

第三百十七圖

第三百十八圖

第三百十九圖

第三百十二圖

里約立三十根上端方五六寸另有橫支用鐵釘與螺絲連於木柱以有油之蠟圈或圓板與柱分隔另有玻圓錐形之體四用鐵領連於木柱以繫鋼絲使電氣不散傳收緊銅絲之器如第三百十四圖所連之柱大於他柱相距四分英里之一有此一柱柱之上端每銅絲有一鐵螺絲每鐵螺絲有一滑輪與闊輪連於木柱用瓦板分隔又如第三百十三圖甲乙爲二瓦滑輪各有二鈎電氣遇收緊之柱不能傳過故另用銅絲如丙連於二鈎之外使之能傳如第三百十五圖第三百十六圖第三百十七圖第三百十八圖第三百十九圖爲百十八圖爲使電氣不散傳之各法如第三百十九圖爲銅絲連電報器之器如第三百二十圖爲固來得所設之

銅端分隔電氣器此器多在有練過房屋而用之此種器用一或二連於挂線之螺絲釘用此器爲托住線在長之處則用分隔之二器如本圖或銅線有彎之處用之兩邊

第三百二十一圖

第三百二十二圖

含一短銅絲而電氣能傳

法國常用之法如第三百二十一圖枝挂之鉤用硫黃與鐵屑成膏而連於瓷收緊之器如第三百二十二圖用鍍鋅之鐵每一英里用一器而亦連於瓷傳電氣用鐵絲徑約六分寸之一於鋅鋅之內抽過使外有鋅衣一層然大市鎮相近處與燒煤之處多發硫養氣鋅養遇之即變爲鋅養硫養見水易消化而洗去鐵即生銹而斷故黑頓云大市鎮相近處電報之絲外當敷油漆象皮等物

美國牛約克至華盛頓用摩司之法有玻璃罩連玻璃二圈而銅絲繫在玻璃二圈之內惟稍下雨則銅絲之電氣散盡而極難傳信空氣內若有電氣則玻璃裂開如金鋼石所割

美國又有耗司之法有玻璃罩而外敷雷克漆一層用螺絲連於鐘形之鐵杯鐵杯多上油漆連於柱頂甚準而銅絲繫於玻璃罩雖勝摩司之法而究不及英國之法也日耳曼之法用瓷罩連於柱頂而銅絲繫於罩之上下兩水不能至柱頭克里云柱頭有庇雨之蓋則下霧及久雨仍能各處皆濕初晴反不能速乾塵土反不能洗去且蜘蛛便於其內作網凡電氣之散傳夏令大雨之後爲甚少而天時晴朗則恆多雖一處所散不多而用第八號銅絲每長一英里其外面有二百二十平方尺故多處相積覺其多矣試知難傳之料最好者爲硬黑含硫之象皮名愛布內脫若使不爲風雨所壞則可久用其次爲有油之瓦器其面之積水甚少於玻璃也

電報銅絲之電氣有地散與氣散地散者傳散於地內也電氣力加大可勝之氣散者傳散於空氣而至他銅絲也電氣加力而愈亂格里曰治氣散之法將瓷等連於金類柱或另用金類自瓷圈連於地則散傳之電氣可自此傳至地而不傳他銅絲故電氣加力仍可勝之矣

地球傳電氣 第二百十三節

昔有華得生等放來頓瓶之電氣傳過濕泥司脫尼辣亦用地球以傳電氣於道光十七年在貿尼知之地造單線電報線之兩端各連一銅板埋於地內而使地球傳電氣道光二十一年固密與韋思敦試步拉客革勒鐵路知地球能傳電氣且阻力甚小同一發電氣器用單銅絲者能

傳電氣可遠於用雙銅絲

道光二十一年彼捺試將銅板埋於地內濕處另埋同大之鋅板於甚遠之濕處以銅絲相連二板銅絲之中有顯器能顯其有多電氣用甚大之板能電氣吸鐵力甚大且二板相距雖遠一英里而其間能鍍金久而不息

道光二十四年馬多西亦試電氣能傳過地球用本生發電氣器十件如第九十九節第六段以其電氣傳過銅絲九千二百八十一尺而自同長之泥堆傳回知非特泥堆無阻力而反能使銅絲之阻力減小此即固路與韋思敦說之徵也蓋地球與他質相同其惟雖難傳而體積大故仍易傳也發電氣器所發之電氣傳於地球必不消散而致正負之性泯滅左法可徵之用本生發電氣器十件之兩銅絲各入一井內二井之相距約一百六十枚電氣路中有顯電氣器顯有電氣傳過此二井之間又在一直線內再有二井相距三十枚與外二井相距八十枚與五十枚即將顯電氣器連長銅絲而兩端各入一內井中則二外井傳電氣時二中井之顯電氣器偏三十五度至四十度二外井之電氣改正負則二中井之電氣亦改正負可知電氣傳於地球與傳過銅絲相同而非相反

布留偉試法國巴黎斯與路恩中間之電報知地球不特能傳電氣而尚有別性將巴黎斯發電氣器之極銲連於金類大板浸於井內其他極以銅絲至路恩亦連同式之金類大板浸於井內電氣乃傳地球與銅絲

再用銅絲自巴黎斯至路恩而二地各有顯電氣器共成試二十八次取其中數知電氣傳銅絲及地球其力為全傳過銅絲者之半即電氣傳過四十英里地球與四十英里銅絲其阻力等於傳過四十里銅絲而地質絕無阻力傳過地球者電氣之力為五十六度八分全傳過銅絲者電氣之力為二十九度一分即略得其半也在路恩顯器電氣力中數之比例為三十五度五分與十七度八分亦略得其半也故莫以奴與告司二人以地球為積電氣之體正者與負者傳入地質內皆為所收而其不見也如第三百二十三圖甲為發化電氣之器巳卯為二極各連銅絲依安比而之理正極之電氣遇銅絲因有阻力故化分其質點內之中立電氣引其負而推其正第一質點之正電氣又化分第二質之中立電氣引其負而推其正第三質以下類推至末質點巳而與為發電氣器負極所發之電氣成中立性

第三百二十三圖

設銅絲之中有分斷如正負二邊各用銅板乙與丙傳至

地球內則正極遇地球之大體電氣即傳入而無阻力故不有化分之力而全爲地球所收負質點則再放鬆而與相近之正質點相合發電氣器之負極亦相同所以二處同顯化分與化合而俱在電氣路之半故阻力減半而電氣之力乃二倍也貫往來特論地質能成電氣路之理云

發電氣器二極不相連之時其性相反其質相等如將能傳之質相連二極使電氣不散則質變爲發電氣器之極而發電氣器使令其質容電氣惟其時暫而不足令顯器之針偏

能傳之體若大則容電氣所之時亦久電氣至其體足令顯器之針偏若能傳之體長至無窮或大無窮則容電氣所之時亦久至無窮故電氣傳過與二極徑相連者相等矣

電氣以銅絲傳於地球地球大至略無窮故二極電氣四散而地球不覺其之濃電氣必直過地質然阻力雖小而能分別各電氣使不相混亂華客電報書云倫頓電報房內共有十處所來之電報線共連顯器之一邊而他邊亦連銅絲十而共連於路下通水之大鐵管若各電報線無斷無阻則無論何線皆能傳電氣而報信餘九線絕無相關也今以二線論之如倫頓與杜法之二電報線連於倫頓發信器之一邊而又一邊有二線同入地內杜法之發信器亦然而倫頓與杜法之間二線絕無相切則第一線之電氣必由地而回而不由第二線而回若有一處通地之線斷則電氣即由第二線而回矣

地內藏電報線 第二百十四節

步來得論地內藏電報線之法如銅絲外僅包象皮則沙泥之壓力象皮所不能當不久即壞且修路之時常易受傷多經考究知必用生鐵管對中直剖爲二半將銅絲合於其中若用整管則必穿通而安置不易常致受傷而費工矣鄉間可將銅絲置於方木槽內作槽之木浸透苦利何沙特水使不易壞每節作甚長上蓋用鋅衣鐵皮則地面有動或泥落下銅絲亦不傷槽之橫剖面如第三百二十四圖寅爲木槽卯爲鋅衣鐵皮蓋辰爲包象皮之銅絲巳爲包各銅浸巴麻油之麻木槽安於路面下二尺

第三百二十四圖

市鎮多屋之處必用鐵管徑二寸半先將下半各節安好而相連以繞銅絲之大轆轤輥過於其上使銅絲入其內甚直再將上半各節蓋上而用螺釘連其旁耳甚速甚易如里味不自汽車局至愛客司成洽街之電報於一夜中安成又曼治司搭地自沙福特至徒西

衙共之電報於二十二小時安成

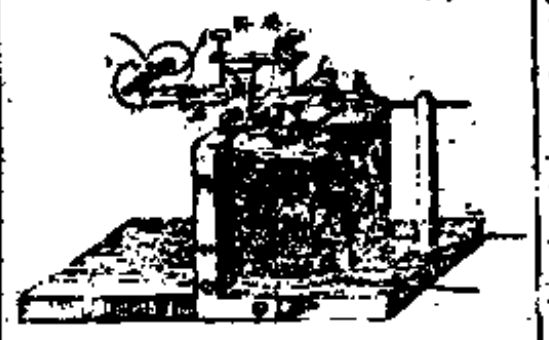
電報公會多用地內藏線法者咸豐元年自里味不至曼治司搭又自倫頓至曼治司搭又自里味不向北至蘇格蘭往東過海至阿原蘭皆用此法

第二百十五節

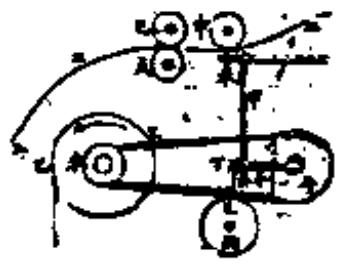
磨而司點畫電報

道光十五年磨而司思用電氣吸鐵之力使筆成點畫以指字母至十七年而造成今時多用之如第三百二十五圖甲乙為底木板丙為立木板戊巳為電氣吸鐵立於底板庚庚為銅彎條在立板之上旁有孔接銅螺絲二端皆甚尖丑為桿中有橫軸接於二螺絲之尖極易轉動桿之一端銲連橫軟鐵如丁而又一端連鋼釘鋼釘上有鋼條之孔與釘相配有紙在其間用輪機移過電氣傳時即引軟鐵而鋼釘入於孔內電氣斷即放軟鐵而針亦離傳電氣之久暫針之切孔亦久暫久則成畫暫則成點也癸癸為橫銅板連於庚庚板之上二端各有螺絲制丑桿之動不過多紙用甚長之條繞緊於木管之外如第三百二十六圖乙為滑輪外有線挂重物使轉動而動多齒輪令戊管轉動而紙在戊管與巳管間行過申為鋼條下面切於紙末為鋼釘午為滑輪為未滑輪所帶動而順箭之向其軸有平桿辛在丁彎而過丙木輪於巳點丙輪以面阻力而轉連於器之末螺絲之下自丑桿有金類條甲以螺絲螺蓋連於辛桿能長短遷就甲條動椎能打器下之鐘使主事者知欲通信彎桿辛丁與面阻力輪相切則能阻全器使不動電氣吸鐵條令甲桿起則所挂之重能使乙輪轉

第三百二十五圖



第三百二十六圖



電閘如第三百二十七圖子為黃銅桿巳為難傳之質所作之按柄亥為螺絲能上下面配準酉為鋼尖電氣由此尖而傳未為小簧令桿之長段恆向上而亥螺絲與甲相切酉尖與乙相離則電氣不傳丙為螺絲與申相連乙為螺絲連於發電氣器之極甲為螺絲連於收信之器不按其柄則亥甲相切而遠處來之電氣先過收信之器至甲而過丙入於地若將柄按下則酉乙相切而過發電氣仍連遠處之鋼然不過此處收信器以斷傳時之久暫於收信器則見點與畫可以配為字母而傳信其法如左

第三百二十七圖

字母					
A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	&c.			

數目					
1	2	3	4	5	6
7	8	9	0		

設相離之二處爲甲與乙乙通信至甲則將通信器在乙而收信器在甲欲自甲至乙通信則將通信器在甲而收信器在乙收信器有收信紙傳已畢觀紙可知其信

前法用一種電氣傳時極暫即成點傳時稍久即成畫其點畫間之空有三種其空之最短者爲點或畫之間一也空之稍長者爲字母之間二也空之最長者爲字母之間三也此法各國之字略皆可用

有迭更用正負二電氣者以同治元年博物院內阿令傳字之法爲最簡各字母皆用點顯之各點間之空與前相同每換電氣之正負即成一點而電氣每斷成點間之空又法用尋常顯器以收信用指南針左右以二象牙釘夾之而使針稍能搖動又用包蠶絲之銅絲繞針成圈而連於電報銅絲則電氣每傳而速斷則針偏打象牙釘而速離電氣每傳而緩斷則針偏切象牙釘稍久而後離針打而速離爲點針切稍久而後離爲畫簡便而靈動異常咸豐三年英國至美國之電報曾試之

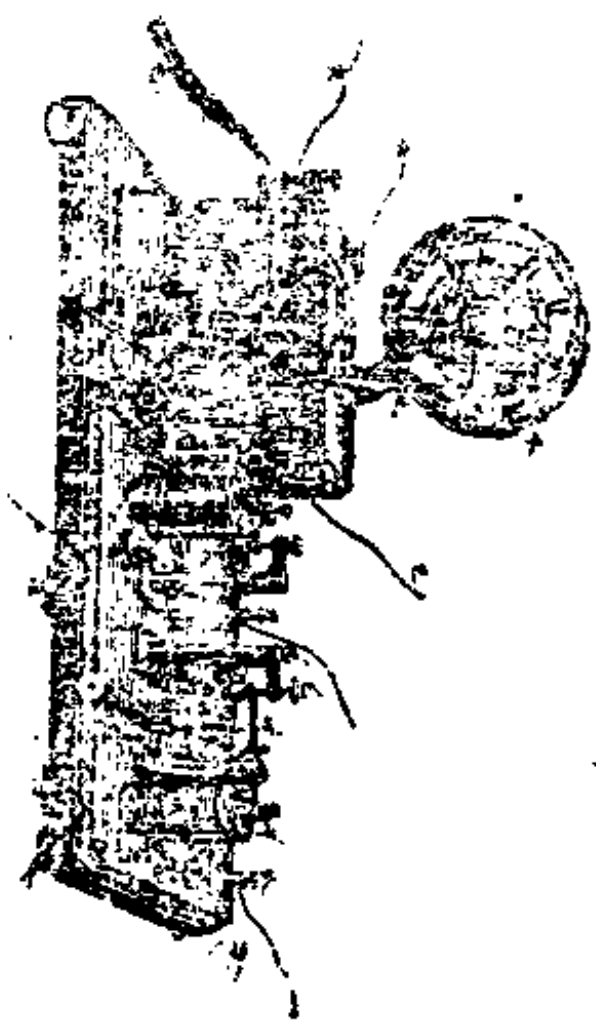
用顯器之針安於桌上任其自指南北用銀片與鋅片長十分寸之三闊十分寸之二共連於架而稍離以絲附力夾水一滴於其間而加硫强水鋅片連銅絲通至地銀片連於長一千英里之電報銅絲電報銅絲盤於陸地而不安於海內他端連於顯器而再通地內則電氣雖微而一傳即顯器之針速偏惟因電氣之力微故傳過長一千英里長之銅絲歷時有三秒

電報增力器 第二百十六節

磨而司之器揷孔於紙用力頗多路若遠則電氣之力不足必用增力之器厥有數式而以法國者爲簡用天平桿一端連軟鐵空管空管相對電氣吸鐵電氣傳時能引使相切電氣斷時有簧能使相離簧以螺絲配準其力增力器之善者電氣或正或負其力或大或小力俱易配準使合用一配準之後電氣力稍有大小亦能易動配準之後不致自改動件欲甚輕動路欲極小使受小力亦能速動且易於拆開而擦淨

增力器之力難於恆不改變以電氣吸鐵之軟鐵常存吸鐵氣也如正電氣暫傳多或久傳一次而後再傳負電氣

則軟鐵受力不速若負電氣傳多次或久傳一次而後傳正電氣則軟鐵之受力較速然而久不傳電氣而偶然一傳則軟鐵之受力更速也因此而刱造顯器增力器用銅絲圈內容堅鋼吸鐵針而不用軟鐵故電氣力雖不大亦改針之方向英國與阿爾閣之電報公司用步來得之法水銀爲相[illegible]之物水銀常使流動而不能與養氣化合步來得又刱增力器多年用之能使正負二電氣迭更相換而傳行用電氣吸鐵直條二其端相對有恒吸鐵條二並列而極相反故傳正電氣動此吸鐵條而傳負電氣動彼吸鐵條吸鐵條之中有軸而能擺動如橫桿歐洲各處所用之磨而司器及增力器如第三百二十八圖



第三百二十八圖

戊爲電氣吸鐵外繞甚長之細銅絲阻力約等於一百二十英里之電報銅絲啐爲金類架托叮桿叮桿之端連軟銜鐵甲軟鐵用劈開之管使傳電氣後無餘吸鐵氣叮桿他端在巳庚二螺絲之間移動暎爲空柱中連庚螺絲上端連巳螺絲皆有橫桿使不傳電氣未爲螺絲黃吸鐵無力時恒使桿離巳螺絲吸鐵有力時引呷銜鐵而不相切以巳螺絲稍抵桿端也叮桿連於啐架啐架由丑螺絲而連於本處發電氣器之鋅板巳螺絲連於吧柱吧柱由戊連於電氣吸鐵外銅絲之端其他端由丙丙連至本處發電氣器之銅板

遠處來之電氣傳來至丑螺絲而由戊螺絲過增力圈哦再由丁螺絲過唔螺絲而至地增力圈哦吸鐵受電氣則生吸鐵力而引呷銜鐵則叮桿切巳螺絲而本處發之電氣即使哦圈生吸鐵力而引銜鐵呷銜鐵呷連於叮桿末爲螺絲黃叮桿之端有螺絲咳其端尖銳對於乙滑輪之槽則哦圈生力而引呷銜鐵此尖即與槽相切用紙條閤約半寸繞於滑輪味而過寅直輔寅與哦軸而再夾於乙甲二滑輪之間乙甲二滑輪用發條與齒輪使轉動而將紙條緩緩移過另有一柄可使齒輪不轉收信之法遠處所來電氣令哦圈有吸鐵力則引呷銜而

螺絲尖重切於紙條紙條緩緩移過則傳電氣久而紙成長痕暫而成短痕

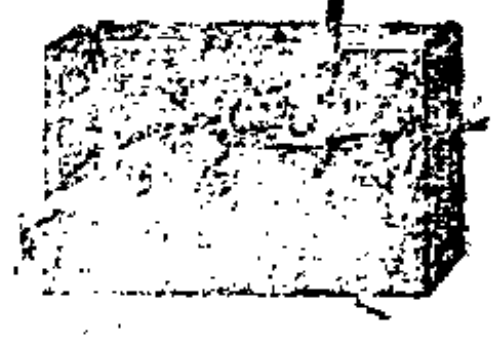
又法將紙條捻鉗長鐵以本處發電氣器之正極連於黃銅滑輪而負極連於鐵尖則電氣每傳過一次能成當點土藍點則不必按低成痕而力可小此法見捺所設

西門司哈司客改磨而司之電報第二百十七節

西門司與哈司客用印書之墨印點畫於紙條印器如第三百二十九圖餘件與前圖相同

卯爲小印輪與夾紙之輪相接而平勻轉動酉爲墨輪與卯輪之邊相切使恆有墨呸爲筆桿甚輕端有小尖托於紙下小尖之高有螺絲壬配準之令紙在卯輪之下恰行過而不相切

第三百二十九圖



電氣傳過電氣吸鐵則引衡鐵而動丑悍則小尖托紙條向上與卯輪之邊相切之久暫或成點或成畫

此法電氣吸鐵之力能僅欲令紙條長一寸二寸之處移高二十分寸之一故需力甚小若遠處所來之電氣力足者可不必用增力器

同治元年英國博物院內有收信器數種以瑞士與以大利希臣之法爲甚簡可久用而無須條理行動各件之上有玻璃罩紙條與配準之器及停起之機印紙之輪等位置俱甚便

用壓而司器司事者聞將傳信之號必速往動其柄使齒輪行動又聞傳信已完之號必動其柄使齒輪不動沙脫又設法使齒輪自能動與停而添墨亦有數新法西門司與哈司客等使印輪之半浸於墨槽而不用濕氈之輥輪以墨漸添於槽而墨恆不淺又雅將筆桿之小尖作尖管端有極小之孔管內容墨不自流至切紙面墨即出又法用呢浸墨而不切圓板則板恆有墨

好司鉛字印信之電報第二百十八節

此用跳動之法美國今多用之以電氣傳斷某次爲印某鉛字母其鉛字母附於一輪而輪以電氣傳斷逐字跳動而轉過又用壓緊氣之力運動鞠鞠而抵印鉛字母其制氣之門則連於衡鐵而以電氣之傳斷推引之用此法者因電氣力小力不足抵印鉛字母而僅能推引氣門傳信之時發信處將電氣傳斷若干次而停則收信處之輪亦停而即抵印一鉛字母矣此器之異者在發信器與印字輪也

好司電報一小時能印一千二百至一千五百字甚速於磨而司電報故欲多傳信者宜用之惟器繁而動之必用大力電氣故或言陸地懸挂之銅絲長過一百五十英里者可用而地內或海底之銅絲長五十英里皆不可用

由司鉛字印信之電報 第二百十九節

其法用電報銅絲一條每傳電氣一次可記一字惟本處與遠處兩器之轉動必相同有電氣吸鐵測準電氣之時錄字母必能速而易另當有印字之器兩處同印法用振動之簧依聲學之理每秒振動若干次能成某音一定不易兩處之器各挂重物動多齒輪令轉動而簧代擺使音同商則動數必同而輪轉之速亦同

印字之電報此爲奇巧其行動之各件如第三百三十圖

第三百三十圖

甲爲指按之柄乙爲振動之簧丙爲電氣吸鐵丁爲擺閘戊爲印字輪已爲輥墨輪庚爲印字之紙辛爲轉動之軸辰爲傳斷電氣轉動之桿其用如左吸鐵條用新法使銜鐵與其二極相切則能使銅絲圈中之軟鐵有吸鐵力又有簧連於銜鐵簧力稍小於吸鐵力故吸鐵力減小則銜鐵以簧力離吸鐵之極銅絲圈傳電氣則圈內軟鐵之吸鐵性與吸鐵條之性相反故電氣力不足其電氣吸鐵亦能引上銜鐵之極與別法有異如電氣吸鐵受恒吸鐵推銜鐵之力爲十而銜鐵相連之簧之對力爲九則電氣之力爲一而簧向上之力爲九也此可配至甚準而用電氣力甚小且能度電氣浪甚準其銜鐵之切於吸鐵極大之力若磨而司等法則所引銜鐵相離必若干遠遠則力必小也器外似琴之式有按柄二十八分黑白二色相間板上平圓內有二十八孔每柄有桿連小鋼頭而各對一孔按之則小鋼頭由孔內伸出至轉動之針行至小鋼頭上則傳電氣而速斷故能用墨印所按之字母於紙上另詳於後指按柄有百分分時之一則轉動之針過小鋼頭二次而印字母二次欲免之故轉動之針過小鋼頭之處有小針面能推小鋼頭離其處而一次後不能再與轉動之針相切否則常亂

印字器有軸其轉速於印字輪七倍軸連飛輪軸用小閘抵於小斜面飛輪軸之轉與印字小軸不相關若電氣吸鐵之銜鐵一動則小閘即使小軸必轉一周後飛輪軸與印字小軸同轉而小軸一轉後則閘再抵於斜面令其閘之離開飛輪軸於軸端有凸輪能令印字之紙與壓紙之架提上至遇印字之輪則小閘連二軸電氣即傳故二處

之器同時轉動則發信而遠處之印字器與本處之印字器所報相同惟二處遠距或有微差故有改正之輪連於軸上而輪齒作鈎形其鈎接於印字輪相配之孔內因印字輪之連於軸雖緊而仍可移動遷就故改正之輪可使印字輪移至相同每印一字母能改正一次也軸上有凸輪銜鐵離電氣吸鐵而放開後凸輪即抵開向上仍令銜鐵回至吸鐵之極

其傳信能斷他處而獨傳一處法在各處印字輪有摺邊摺邊有一孔對一字母另有一釘能因本處孔之電氣力而發出摺邊轉動而至孔對釘時釘即通過則印字輪能轉動若孔不對釘則釘遇摺邊而令印字輪不轉動故發信之人知收信之人在某字母可轉動乃切此字母之柄則僅所定某處之器能轉動而收信餘各處不能收其信故外人不能知之且發信甚易欲發信者可自到館按柄而發信

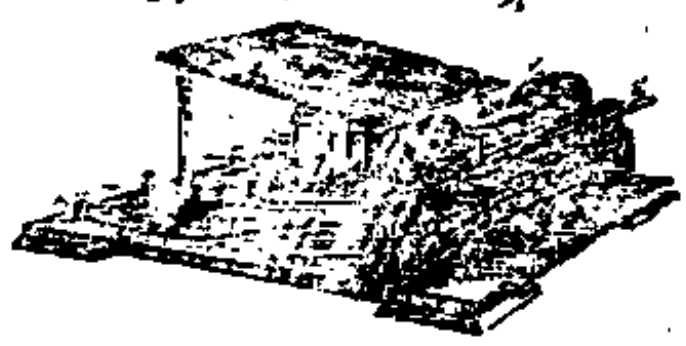
自地內有銅絲連於鋼釘之頭過轉動之針與電氣吸鐵而連於電報銅絲至遠處過吸鐵而至地內陸地短電報不必用調換電氣而海底長電報則用之一電報銅絲可任通多處各處俱有報器昔大西洋之電報未成時英國送信之船先泊美國保司頓地歐羅巴各國新聞自船內傳至美國紐約克共約三百英里之遠每次約有三千字不用減筆之法五刻而畢矣

用之最簡易發信之人按某柄遠處收信之人即預備而回報發信之人即按空號柄使遠處之印字輪與本處之印字輪同轉即可將各字逐一傳畢收信之人如見其通順則回報收畢不錯如不通順則按某柄報某字有疑使發信之人重為報明惟發信之人按柄無誤則所傳之信亦不誤若發信之人偶誤按一柄則本處之印字輪亦印誤一字觀之而可自改

吸鐵電報第三百二十節

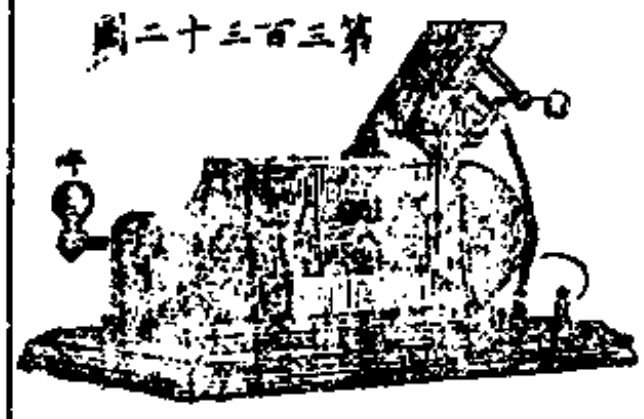
吸鐵電報者用銅絲圈近於鋼吸鐵之極移動而發之電氣也亨利之雙針器如第三百三十一圖甲甲為兩多層吸鐵平行並列二極彼此相對乙乙為兩銅絲圈各在吸鐵之一端丙為軟鐵兩端連銅絲圈內之軟鐵而中連於軸戊戊皆為指按之柄按之各能使電氣傳過人人兩銅絲連銅絲圈於軸之法使軟鐵心之端離吸鐵條約十六分之一欲其移動而不相磨也辛為壓銅絲圈之簧能使不傳信時兩圈之心各對

第三百三十一圖



兩吸鐵極之心則吸鐵氣可不散而傳信時則自相對處而起動可得極大之附電氣力以指按下戊柄則銅絲圈與吸鐵極之方位相反而軟鐵之極改變則發負電氣由銅絲圈之端傳過指信器而入傳至遠處收信器在遠處由電報銅絲傳回至銅絲圈之又一端則本處指信器與遠處收信之針皆偏將指放上則戊柄提起而軟鐵之南北極相反則電氣之正負亦相反則能使針回原若指按第二柄則發負電氣傳過第二銅絲用二銅絲通至遠處用字母皆可傳矣

其收信器用二銅絲小圈以銜鐵相連銅絲圈內之軟鐵自圈內伸出如牛角欲其附電氣傳過銅絲圈時所發吸鐵力不致不足動指信之針且無附電氣則針亦易回至○度也故針得跳動而在軸之二邊相定傳信可速而無差收信者亦易明惟吸鐵條之焠火有專法吸鐵氣可以多年不散偶有散可以之切於大力電氣吸鐵而使復原亨利之單針器如第三百三十二圖呷爲彎吸鐵條卯與申爲其南北二極乙爲黃銅輪呐爲輪軸輪面有甲甲甲軟鐵塊用辛桿可移過一弧丁爲阻釘阻其多移另有二凸處已已有象皮墊使相切不致擊撞不用時已與丁相切哦爲電氣吸鐵其極平卧與甲甲甲甚相近而不相切


第三百三十二圖

軟鐵條甲常對於呐又對電氣吸鐵之右極因附電氣令其成南極之性軟鐵條甲對呻又對電氣吸鐵之左極因附電氣令其成北極之性而甲無所事將辛柄按下則甲離其對電氣吸鐵左極而換甲其處則得北極甲則又對電氣吸鐵之右極乃離開南極而對北極如此而電氣吸鐵哦之極每相反一次銅絲圈即成附電氣傳過銅絲一端通至地一端通至電氣吸鐵之銅絲圈而再傳過電報銅至遠處故同時動二處之針也電報銅絲內迭更傳正負之電氣而每一正負其時甚暫故電氣吸鐵之極必稍焠火則暫受之吸鐵氣能暫存而令針停於所偏之處至再傳異性之電氣則存之吸鐵盡滅而再受異性之吸鐵氣令針偏至他邊而指桿乙辛於偏過時或長或短即指畫與點也收信器內電氣

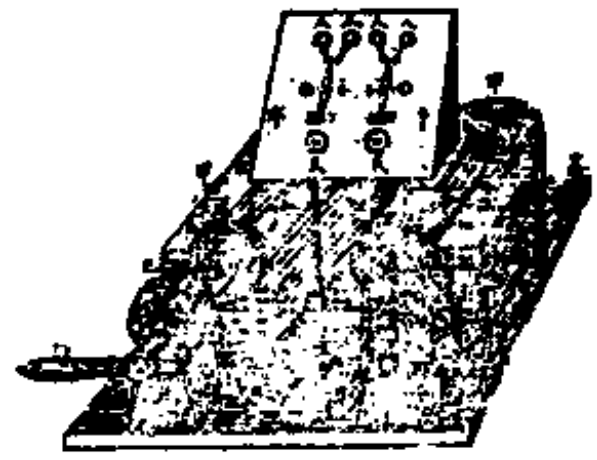
第三百三十三圖

吸鐵之銜鐵如第三百三十三圖針有二彎鐵其二極將針引而餘二極將針推電氣正負相換則引與推亦相換欲減電報銅絲之阻力則使電氣不至大電氣吸鐵而令辛桿與巳簧相切巳簧連於地而辛桿過器邊之架通至收信之電氣吸鐵銅絲圈

地內電報銅絲常有返回電氣之病印字電報其回電氣能令印字輪多轉過而印所不欲印之字化分電報或他法電報其回電氣之來約有一分時故傳之記號必亂而第一字混入第二字內不能分明吸鐵針電報則每發一記號回電氣能使多一動又地內電報銅絲外包之乘皮易致朽敗地面下電報銅絲今用者極罕僅一電報公司用之也

步來得有免回電氣病之法將收信器與發信器各不通地而僅以電報銅絲相連故回電氣斷絕而電氣盡自收信銅絲圈傳過而收信器相連各件之位置能令其針恆在○度恆能備收遠處之信又有一相消之器加於其內其用有二一能免電報銅絲方位不宜所常有亂傳之電氣亂傳之電氣因地球之吸鐵氣與北曉或別事而成也見第六十節二能減銅絲圈因回電氣而存之吸鐵氣凡回電氣之吸鐵氣與電報銅絲之長有比必另用吸鐵力相消之法補救之相消之器用吸鐵條其力大於動針之銅絲圈而連於軸其下極與針之相距能令其極成平圓與收信吸鐵之下極稍相離而不相切其外亦有器能配準所相消之吸鐵條令其無論何極能加若干引力或推力而使收信器受之又令銅絲圈之軟鐵亦收其力故可減一極過多之力地球吸鐵氣亂動之病可免也有時地吸鐵力亂至能使顯電氣器之針偏成正角亦可不亂傳信又甚長電報銅絲之回電氣亦不使傳信有亂

第三百三十四圖

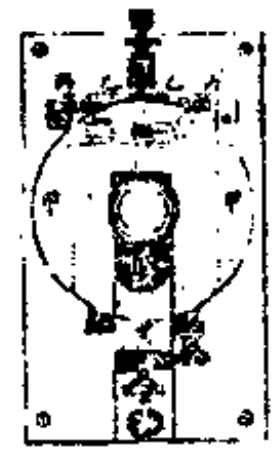


新式吸鐵電報如第三百三十四圖甲為多層鐵吸鐵條以螺絲相連乙為銅絲圈連於軸丙丙二柄而銅絲圈各銅絲一條共連於金類凸輪銅絲他端通至地戊戊為金類凸輪用象牙板使不切於其軸已已為二簧連於電報銅絲而切壓器庚庚庚為二壓器連於指信器辛為收信面壬壬為吸鐵針天天為螺絲能配準吸鐵力人人人為針所切之釘不用時簧已切於壓器庚而電報銅絲徑連至收信器遠處電氣由之傳來過收信器而入地若將其柄壓下而至簧切凸輪而離庚壓塊則所發之吸鐵電氣能使遠處之針偏若柄停時則有附電氣以對面方向徑傳過電報銅絲令遠處之電氣傳回至本處本處之收信器無有改變簧若再切壓塊則電報銅絲已存前次之電氣故欲相定而回傳過本處之收信器則針回至○處而可備收信

打鐘電報 第二百二十一節

尋常電氣報收信必有二人一觀針指之記號而說一聽其所說之記號而錄之步來得設法可一人可自聽而自寫如第三百三十五圖第三百三十六圖甲爲鐘乙爲椎乙爲阻聲器每打一次自按鐘而使聲停丙爲傳斷電氣器能或傳或斷本處之發電氣器第三百三十六圖之戊戊爲連本處發電氣器之銅絲圈能使鐵條壬發吸鐵氣而自壬至軸有桿一帶椎一帶阻聲器丁爲定阻聲器尋常並用二鐘其之音高差半周分挂於左右二邊之木壁上聽聲之次數與高低可知各字母

第三百三十五圖



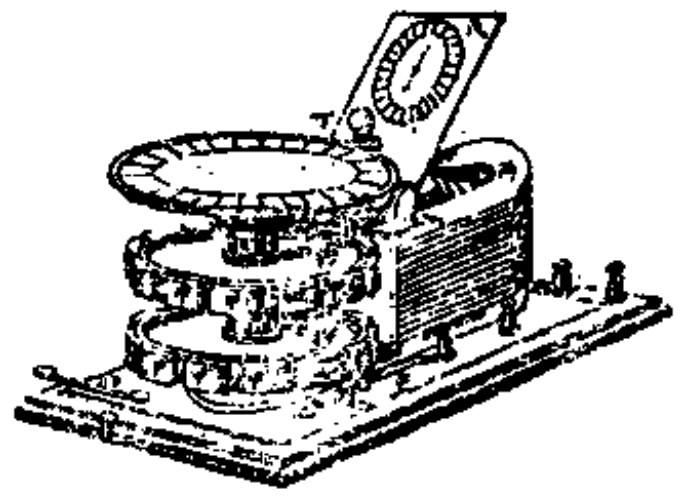
第三百三十六圖

指字電報 第二百二十二節

其法欲傳某字母則依此字母之位而發電氣若干次針即指其字母故常人習之二三次即能發信收信其式有數種俱以道光二十年韋思敦之式爲本同治元年英國博物院內有此種各式

亨利所設者如第三百三十七圖發信之字母盤平戴於直立中柱上端中柱外套空心管如天空心管外連黃銅輪如物物又連搖柄如丁將丁柄搖轉則物物二輪亦同轉丙爲多層彎恒吸鐵其吸鐵力應與電報銅絲之遠近與阻力之大小有比叮爲二銅絲圈套於彎軟鐵二端之外其二極順上下而在彎恒吸鐵極之中物物兩輪之周各有軟鐵十三塊如甲甲甲甲與甲甲甲甲其位置使每甲軟鐵對吸鐵北極而甲軟鐵對吸鐵南極每轉柄二十六分周之一即換一字母而銅絲圈內軟鐵之附吸鐵氣迭更相換而外銅絲圈內成之附電氣亦迭更正負相換矣銅絲圈之一端通地一端連於小電氣吸鐵在本處收信面之後小電氣吸鐵之銅絲再速至電報銅絲而至遠處收信器之銅絲圈再過申簧與乙板之螺絲而通地將柄轉至○度則申簧與乙板之螺絲即相切而簧上之末小輪即行過入下邊槽內如此令其申能上與申相切則電氣不必傳過大銅絲圈而阻力小因大銅絲圈之阻力略等於數

第三百三十七圖



英里長之電氣線之阻力也

收信之銅絲圈則受電氣而有吸鐵力能令針轉動銅絲圈內軟鐵之又端爲小叉形另有吸鐵針下端挂於其叉形之間針之他端成二擺闡迭更遞輪之齒而使轉動輪軸之外端套針而指字母即爲收信針之轉與表之秒針相同故將丁柄轉至某字母則遠處收信針亦轉至某字母矣

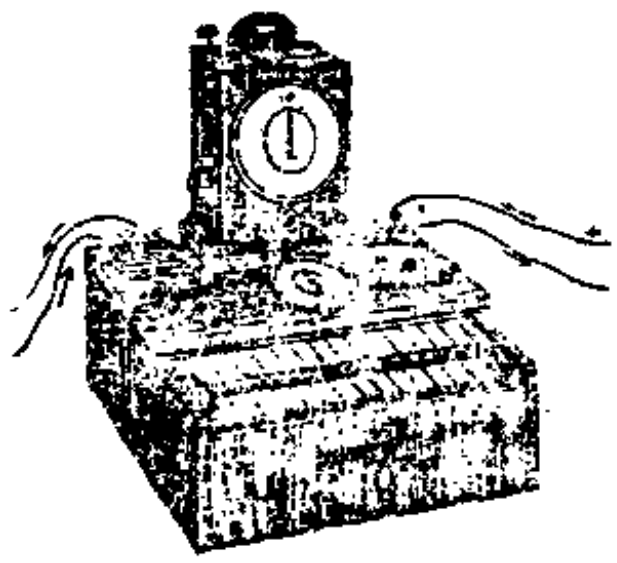
收信器之針偶與傳信之字不同則可將器左之簧與丁柄配準之先將簧稍舉起則電氣斷而丁柄可轉至收信針所指之字母將簧放下則電氣不傳於地與電報銅絲而獨傳本器故丁柄與收信針能同移至○度

電報第二百二十三頁

法國夫路曼得指字電報

夫路曼得之式如第三百三十八圖前有按柄二十八內爲字母二十六十字形一箭形一居於首尾按柄之前有平字面如乙其針若指前所報之末字母則爲不亂按其某柄則本處收信圓面之指某字母而同時遠處圓面之針亦指某字又有二銅塊如寅卯而有小柄寅銅塊能與申或未相切卯銅塊能與巳或午寅若切申則能自巳黎傳信至路恩寅若切未則巳黎斯能收路恩之信卯若切午則能使路恩之闡鐘打卯若切巳則能收路恩之信

第三百三十八圖

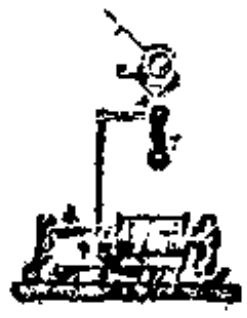


發信器如第三百三十九圖發電氣器之電氣自甲銅絲入器內而傳至銅簧卯銅簧與未輪相切再傳至銅簧寅而自乙銅絲傳出至遠處之收信器之銅絲圈未輪共六十二齒若執巳柄而轉動之則卯恆於齒相切寅簧則有凸處故每過一齒則使電氣傳斷一次而遠處收信器之銜鐵亦引一次所以本處之針移前一字母而遠處之針亦移前一字母也

第三百三十九圖

第三百四十圖

第三百四十一圖



收信器如第三百四十圖第三百四十一圖其銅絲圈平卧中有軟鐵能引銜鐵甲銜連彎桿下端以辰釘爲樞末爲螺簧上端連壬橫條而再連丁拐丁拐連平軸平軸連巳闡電氣傳斷則巳闡左右搖動而能使闡旋輪旋轉

英國京都用此者甚多房屋繁多之家家中各房亦有用此信者

發信器如第三百四十二圖器上面之外有周二十六字母三點號一加號內周有數目字九並十字形一中心有

第三百四十二圖

針與輪相接有搖柄以旋轉之周圍有按柄三十以手指按某柄針即停於某字此其外形也至其箱內之件則有彎吸鐵條與二銅絲圈中有軟鐵絲捆為心共連於軸亦與輪相接搖轉外柄則兼使銅絲圈旋轉於彎吸鐵條極之前而發附電氣軟鐵絲捆之端甚近於彎吸鐵之極而不相切每次移過而相近相離則暫有吸鐵性而發附電氣於銅絲圈而傳行迭更相對能傳至遠處按上面之某柄則針定於某字而電氣亦斷故遠處收信器之針亦指定於某字再按他柄則前柄自起而電氣能傳必針轉至他柄而再斷故將柄搖轉則電氣逐次迭更而傳而本處發信器之針與收信器之針與遠處收信之針皆逐字同向前而移移至按下之柄則皆停而同指此字

收信器如第三百四十三圖在小架之上外面之字與發

第三百四十三圖

信器相同有針能為電氣之力逐字旋轉有二恆吸鐵條連於一軸又有二小銅絲圈圈中有軟鐵心電氣傳過銅絲圈則軟鐵心發吸鐵力而能引或推恆吸鐵條之極而恆吸鐵條之軸必來往運動軸端有短桿桿端如擺鬧中夾小火輪火輪有十五齒輪之軸即套指字之針

用電報銅絲一條與地球成循環路電報二端各連於發信收信之器再自發信收信之器以銅絲連銅板而理於地內

於收信器之前另有換柄若指於甲則傳鬧鐘指於酉則傳收信針故不用之時應則恆使指甲則將搖柄一搖而遠處之鬧鐘即鳴遠處之人亦搖其柄則本處之鬧鐘亦鳴則彼此皆準備而將柄皆於酉則電氣皆傳至收信器再詳觀發信器與收信器之針使皆指於十字號如此則發信之人乃右手搖轉搖柄使發電氣左手按下某按柄則本處發信收信之針皆指此字而遠處之收信針亦指此字再按他柄亦相同遠處之人觀收信針之所指面逐字寫之畢後意已全明則按下十字號之柄而二針齊轉至此知意已全明也若有字母或數目欲傳二次者則先

按一次而再按一次使二次同指此字

發信器與收信器以銅絲相連之法如第三百四十四圖

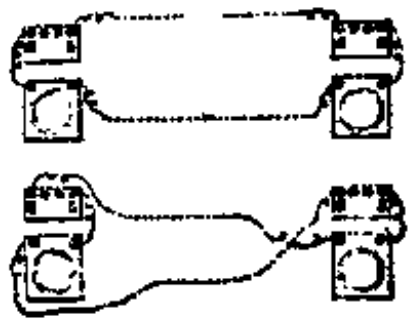
第三百四十四圖

以短銅絲收信器之甲點連至發信器之戊點又收器之丁點連至發信器之巳點將換柄移指酉而後搖轉搖柄每分時約一百二十次使針自十字仍至十字數次先按十字前之按柄後速按十字之按柄觀發信針與收信針所指相同則知各銅絲相連無誤若收信針十字之或前或後則必將銅絲自甲連於巳自丁連於戊而搖轉搖柄使之相同

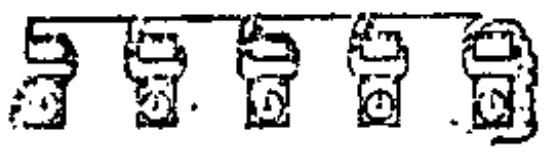
以電報銅絲連二遠處之器之法如第三百四十五圖用短銅絲如前法相連而去其一邊者而電氣銅絲與通地之銅絲連之若針所指有參差字則在一處反連其銅絲而使二處自相同

以電報銅絲連數遠處之法如第三百四十六圖亦使皆指十字號

第三百四十五圖



第三百四十六圖



數處若在一路內相連則向上傳信有時亂向下各處之傳信故中間之處或用調換電氣之器則數處可同時傳信而彼此不亂如第三百四十七圖設甲乙丙丁戊巳庚辛八處各有電報器而甲與乙傳信同時丙與丁戊與巳亦傳信是也惟各處必自有記號各處既記號而未知何處當收信則各處俱將調換電氣器移至連各處之記號公用電報必有多電報銅絲羣恩教設簡易之新法其略用第二十號細銅絲外包象皮一層再包浸透柏油之帶而以二十至一百銅絲共絞成繩長約二百三十碼每銅絲可傳至一處

第三百四十七圖

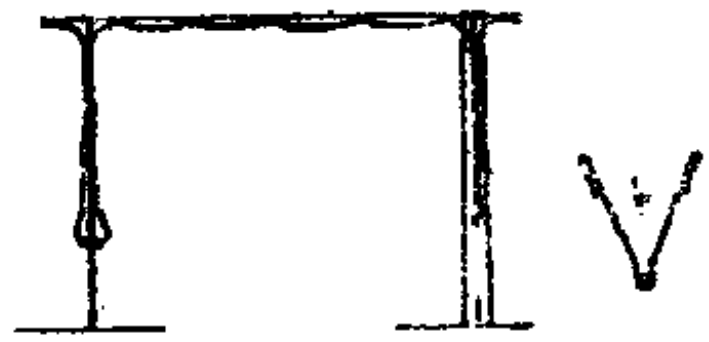
第三百四十八圖

第三百四十九圖

大鎮之內相連各器依三角法分其地略為三等邊形每邊約長一英里每角處植柱繫各電報繩甲乙丙丁戊巳螺絲收緊之如第三百四十八圖各繩通至柱底相連之匣內匣用生鐵架與蓋如第三百四十九圖長約三尺寬約二尺深四寸

盛滿黑象皮條甲乙丙丁戊巳其數與所接之電報繩相配每條有小螺絲一副上刻數目字一二三四五等各螺絲接繩內之一銅絲又有橫銅絲可任意連之欲改其相連法或去之或收拾皆可不誤

第三百五十一圖



電報繩牽緊而懸之必受大牽力而漸牽壞故用鈎輔之如第三百五十圖用牢固之鐵絲二鐵絲相距十二寸每二百碼繫於屋牆或托柱而各有收緊鐵絲之螺絲如第三百五十一圖將鈎之上二端挂於其上用二條者則一條偶斷仍無妨也

電報繩挂於鐵絲鐵絲繫於鐵柱鐵柱常連於房屋之水管煤氣管等故天空雷電不能由電報繩傳至電報房內房內之人可不畏電報收雷電而受雷擊之害

電報繩由各柱引下入小匣內小匣內有多銅絲分過黑象皮板如第三百五十二圖此銅絲接電報繩內之銅絲如此則易於相連且有不

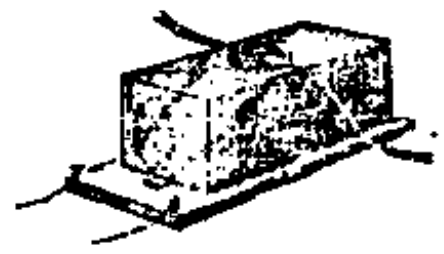
第三百五十二圖

通等病亦易知其在何二柱之間

自行電報第二百二十五節

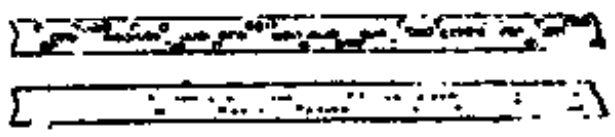
同治元年韋思敦初在博物院內論自行傳信之法云先備長紙條於一器依欲傳之字而揘孔將巳揘孔之紙條再於一器平勻移動另有二針更番向上而入紙孔內電氣則進退而傳傳至遠處之收信器而動其鐵筆畫於紙條之上

第三百五十三圖



揘孔器如第三百五十三圖將紙條安於直輔之間直底之孔容往復移動之架架輔有三揘同合一直線中揘小於外二揘前有三柄各配一揘每按一柄則一揘揘孔於紙條而起壓器移架與低條乃移前一位放時則壓器自下而進與架同回原處凡按右柄則揘右孔左柄則揘左揘按中柄則揘中孔左孔可代畫右孔為點中孔為空紙條之巳揘孔者如第三百五十四圖下畫為遠處收信器畫得之式又有一器連於前器則收信器畫畫之紙條即可再傳至遠處以紙條安於輾輪之間有螺絲以左手轉動而右手按揘孔器之柄孔揘完後可再置

第三百五十四圖



於發信器傳至更遠之處

發信器如第三百五十五圖諸件略與擡孔器相同

第三百五十五圖

有兩心輪使成三種動法小架之往復而使紙條逐位移前一也二簧闡上下按放而使紙條能進不能退二也使平行銅絲三條同爲上下三也三銅絲有小簧抵之使一端切於兩心輪軸一端入架內紙條放於槽二邊之銅絲之端每遇一孔則依孔之左右而電氣或退或進傳至遠處當中之銅絲無電氣相傳

兩心輪或用手或別法使轉動用法轉動器雖多副可用一二人管理

收信器如第三百五十六圖能蹙點於紙條與發信紙條之孔相配以電氣吸鐵力令筆上下而右左二筆依所傳電氣之正負迭更上下筆尖添墨以金類條中作小凹深約八分寸之一內面鍍金以免爲墨所壞底作二小孔墨水有微絲管吸力而不流出二筆尖各在一小孔之上吸鐵氣每使筆動則筆尖通過小孔帶其墨遞於

第三百五十六圖

紙條條紙移前之法與別法相同此器亦用地球傳電氣而紙條電報銅絲自行之器其益甚大傳信無藉人手之巧拙用他器而習練多年者尚不及用自行器之速且各國之字皆可同通用此器若發信之人在家中自擡紙條之孔則更速或一人專學擡孔而將擡成之紙條送至電報館電報館亦將畫墨之紙送回人家而使擡孔之人依之寫字更妙

二章海底電報繩

總論源流 第二百二十六節

道光二十年韋思敦清國會管理鐵路之人作海底電報繩自英國杜法至法國賈留第法雖精而未能成就至咸豐元年步留得另設法而續成之其剖面形如第三百五十七圖內用英國之第十六號即徑六寸之銅絲四條各條外皆包硬象皮而相絞成繩外包浸透巴麻油之麻麻外絞第一號鐵絲每英里之長重約六磅用至咸豐九年其間被船錨鈎有小傷乃取出修理知包銅絲之硬象皮絕無傷壞賴巴麻油之麻保護之功也海底電報以此爲始也

咸豐三年英國杜法與宰利智國與司丁特作海底電報

第三百五十七圖

繩內用銅絲六條銅絲各條外皆包硬象皮二層剖面形如第三百五十八圖與前式小異每英里之長重七頓嗣後阿爾蘭杜那加爾至蘇格蘭布得巴得利亦作海底電報繩長二十五英里剖面形如第三百五十九圖重與杜法至賈利者相同咸豐四年於以大利司彼西牙至醯西賈海底亦作電報長一百十英里咸豐八年英國至喊奴法海底亦作電報繩長二百八十英里內用銅絲二條每英里之長重三頓咸豐九年英國福克司頓至法國步倫作海電報繩每英里之長重九頓半內用銅絲六條各包象皮再相絞而包查塔頓料其法令絞成者過鎔此料之大鍋則有黏而稍結再過相近處之模待冷甚硬查塔頓料用綆象皮稍加木內蒸出之柏油與松香油而成又在英國與丹國之海底作電報繩每英里之長重四頓內用銅絲三條剖面形如第三百六十圖造法與前同共三百五十英里

第三百五十八圖

第三百五十九圖

第三百六十圖

奧爾特內司三希格所作之海底電報繩其剖面形如第三百六十一圖內用銅絲四條二邊近岸處水淺而易受船錨之鈎傷故有四英里之長作更大更固剖面形如第三百六十二圖二層銅絲外各包象皮二層而相絞再外包帶與麻紗而外絞第八號鍍鋅之鐵絲惟常有誤壞之或故壞之故恆須人乘船看守及修理其費不貲故後另作更大者代之

第三百六十一圖

第三百六十二圖

咸豐八年自英國布得蘭地至奧得尼與根西與哲西三島各作電報繩內用銅絲四條相絞而外絞鐵絲每英里之長重二頓半共長九十三英里水至深處六十托咸豐九年二月有風絕大海浪之力極猛在哲西漂至石面而斷又距布得蘭四英里水深二十五托之處有石峰甚利潮力移動消磨八閏月而斷

新加坡至嘆羅巴海底電報繩每英里之長重二十一擔紅海者與此同式其空處不包象皮與巴麻油麻咸豐九年澳大利地南邊巴司脫來特亨利之電報繩用三段而咸每英里之長重二頓

右俱淺海所用者又尋考此事公會所開自初造至咸豐十一年四月初四日共成電氣繩長三千九百六十二英里之表

淺海電報繩表

電報名	長英里	電氣報主名
黑海泛雞至土耳其國京都	七十二	土耳其國君
黑海泛雞至巴拉苦拉法	三百五十六	英國君
酷西賈與沙底泥阿	十一	法國君
打格至比古	一百十六	印度君
杜法至奧司丁特	八十	海電報公會
杜法至賈來	二十五	海電報公會
福克司登至步關	二十四	海電氣公會
英國至喊奴法	二百八十	海電報公會
英國至丹國	二百五十	海電報公會
英國至荷關	一百十九半	英國至各國電報公會
英國至細物銀	一百十八三	英國至各國電報公會
英國至荷關	一百三十六	英國至各國電報公會
何里海特至海得	七十三	英國至各國電報公會
又何里海特至海得	七十二	英國至各國電報公會
英國黑司子賈司至韋得島	一	英國至各國電報公會
蘇格闌過福而江口	五	英國至各國電報公會
蘇格闌台阿口	一	英國至各國電報公會
英國何里海至海得	七十三	牛何辣公會
布得巴得利格至杜那客地	二十五	英國與阿爾蘭電報公會
布得巴得利格至韋得海特	二十六	英國與阿爾蘭電報公會
布得巴得利格至韋得海特	十五	英國與阿爾蘭電報公會
里味不至何里海得	二十五	立味不船埠公會
馬角卡至窩奴卡	三十三	西班牙君
丹國過海	十八	丹國君
丹國過本國海	二十八	丹國君
瑞顛國至丹國	十三	丹國君
瑞顛至果得關	六十四	丹國君
新加坡至噶羅巴	五百五十	荷蘭國君
過巴司得來特	二百四十	新加山國君
不倫司韋客至愛得活得島	十二	新加山國君
回得海交至門島	三十六	孟島公會
回得至哲西	九十六	
共	三千一百九十二英里	

淺水電報繩能用之年代、淺水電報繩長在一百英里之內者有竟不能用或初可用而不能經久其長共二千

三百五十里總核其中數得能用之時爲二年而每英里之長重不及一頓者居一千四百英里焉其不耐用也宜矣又有共長九百五十英里能用之中數爲五年而每英里之長其重一頓至二頓自列前表時至同治六年則有能用者共長五千英里而其中數爲四年半有一繩已用至十五年又有四五繩已用十三年其中新造之麻而搭至亞力山大至波斯國之繩皆甚長而竣工不久故總核中數之年限少也外此不計則用每英里之長重過二頓者每百英里之長每年不能傳信僅四日耳此與印度國上等之陸地電報略同而下等者則反不及此數十倍也

深海電報繩能用之年代○咸豐元年牛約克入帖比脫與英國人苟思本欲令英國與美國來往之輪船帶信至英國屬地牛分闌而自牛分闌以電報傳至美國各處呈請牛分闌地之執政執政准之給與憑據然章程難行乃將憑據讓與別電報公會而別公會亦不能成至六年新立大西洋電報公會自歐羅巴至牛分闌作深海電報繩事大貲重詳細試究在英國固拉司愛利啞得公會試各電報繩所選擇之最佳者其剖形如第三百六十三圖能受牽力三頓內用二十二號半之銅絲七條絞成繩銅絲每英里之長重九十三磅外包象皮三層後每英里之長重二百二十七磅再外包浸透巴麻油之麻線再外絞鐵絲繩十八條每鐵絲繩內有二十二號之鐵絲七條咸豐七年二月內經始

第三百六十三圖

至七月竣功共長一千五百英里造成後知受夏令之大熱而稍損銅絲之傳電氣不能各處相同至八月初七日載於船內自愛爾蘭法連細啟行往大西洋至十一日放出三百三十五英里時於二千托深之處忽斷觀測力表知受力僅一頓又四分頓之三細考餘下繩知散電氣甚多蓋因受大熱及或捲或散有傷損其斷亦因此也

咸豐八年春修好而再放二次皆未成夏七月十七日再放至八月初五日告成九月初一日又壞

英君乃派人查明其故據云造之之先未詳究各式故未能合法且造時無曉暢之人察視工作不精成後無精細之人管理中途搬運之人損壞故未放之前連節已數處有病放下之時未曾察出也

咸豐七年紅海至印度刱設海底電報其繩用銅絲數根絞成小繩每海里之長重一百八十磅如第三百六十四圖外包硬象皮一層中間查得頓料一層每海里之長共重二百十二磅再外包浸透巴麻油之麻紗每海里之長重一磅半外絞鐵

第三百六十四圖

絲每海里之長重十六擔其銅絲之橫剖面如前式而外包不散之料工亦更精共長三千四十三海里分爲三段放下第一段自小回司至告西爾長二百五十五海里第二段自告西爾至沙京長四百七十六海里第三段自沙京至阿敦六百二十九海里放成之後連用九月未見有病惟自阿敦至印度之一段則有數日不能傳信因外包之鐵絲太小而造之先未在水內試其電氣之散也

電報繩造成之後宜先浸於水內試之蓋所包象皮等料若有孔則水入孔內而電氣即外散若不浸於水內試之則雖電氣之力極大亦不能知其病電報繩之甚長者難免此病蓋軟象皮本爲不牢之料且長至數百海里則初時雖無病至包鐵絲之時亦易受傷也象皮已有受傷則放下之後而傳信有難必加電氣之力加電氣之力則生大熱而象皮受熱則傷漸大至無用而已且外絞細鐵絲者則畏其生銹而常不先浸於水內試之故放入海內之後自以爲已成實無用也造者之不慮入海後而生銹者以爲能自藏於泥內則鐵絲雖銹去無害也實則鐵絲未壞則雖有病而勉强可用鐵絲已去則不久而每斷成數段矣因此近來一切所造電報繩皆外加別久孟料一層且未入海時必先浸於水內而以電氣傳過試之

咸豐四年司彼西亞至酷西賈作海底電報繩內用銅絲六條五年牛挺勒亦作海底電報繩內用銅絲四條連外包各物每英里之長重三頓自司巴約分土月至阿非利加步捺共長一百二十五英里安於深海者其橫剖面形如第三百六十五圖安於近岸者其橫剖面形如第三百六十六圖咸豐七年地中海電報公會自加格利阿里至毛而搭自毛而搭至告夫俱作海底電報繩用銅絲絞成外包硬象皮再外包浸透巴麻油之麻紗再外絞鐵絲每英里之長重十八擔自加格利阿利至毛而搭者用過一年無病後有小損隨即修好後又壞而至今無用毛而搭至酷夫者深約二千托用過一年三月無病後忽斷而不能用有牛阿辣者於大底內勒至碎辣至千底亞至亞顯俱作電報繩有喊尼者爲西班牙國於西班牙至馬立客至密奴客作電報繩古辣司與阿利得於法國杜溟至奧其司亦作電報繩用銅絲數條絞成每英里之長重四百磅外繞浸透巴麻油之麻紗再外絞鋼絲亦繞油麻全繩之徑○八寸橫剖面形如第三百六十七圖

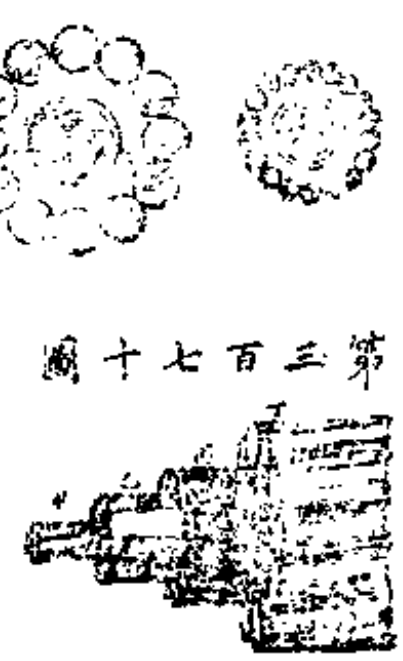
第三百六十五圖

第三百六十六圖

第三百六十七圖

毛搭至亞力山大之電報繩如第三百六十八圖第三百六十九圖第三百七十圖內用銅絲七條絞成每海里之長重四百磅外包象皮三層與查得頓之料三層相間每海里之長亦重四百磅外再繞浸透巴麻油之麻紗外再絞第十號鐵絲十八條近海邊處者外包用○號之鐵絲原議欲長三百英里深一千五百至二千五百托外絞銅絲各銅絲外再繞麻後乃改包鐵絲也內用之銅絲仍硬象皮大坊為之成後藏於鐵箱內抽去其空氣而加不加以每平方寸六百磅之壓力細察每英里之長所有阻力與散之電氣將其數詳為考核

第三百六十八圖



第三百六十九圖

第三百七十圖

同治西年又於大西洋作電報繩內用紅銅絲七條一在中六在外如第三百七十一圖第三百七十二圖各紅銅絲之傳性

第三百七十一圖

第三百七十二圖

考察甚詳遜於純銅為百分之八十五者即棄去不用先將中銅絲包查脫頓料甚厚後用銅絲六條絞於其外嵌入料無有間隙外再包查脫頓料一層再包純硬象皮一層用極準之模乘象皮鎔時而為之如此相間至硬象皮與查脫頓料各有四層乃浸於熱有七十五度之水內二十五小時而常用電氣各法試之憑其有無能散電氣之孔後再將麻紗浸透象皮膠而繞於其外成後速盤於水內無論遞至何處恆不出水外再絞鐵絲繩十條每條先繞浸透巴麻油之麻沙用麻者能保鐵絲且全繩之質能輕其近岸者絕大而內造法與前同惟外再包麻沙而再絞鐵絲繩十條每鐵絲繩以鍍鋅之鐵絲三條絞成鐵絲之徑約四分寸之一其共外徑約二寸半每英里之長重約二十頓與深海者相連處於五百碼之內漸小阿爾闌之西法連西牙之外二十八英里深一百托之處奴勿難之外八里之處其內皆用此電報大繩而與深海者於一千五百尺漸小而相連其深海者每海里之長重三十擔八十四磅入於水內每海里之長重十四擔以水較重數大於大西洋者不多而能受之牽力則為二倍而有七頓十五擔故深至十一英里不能為本重所牽斷全繩長二千

三百海里載於大東輪船之艙內自阿爾西邊行至牛分開一千六七十海里

每六日造成電報繩八十海里之長迨時即盤於大鐵池內一池已滿再盤於第二池內各池皆滿則載以二大輪船運至大東輪船船之前中後三大艙作大水池前艙闊五十一尺六寸深二十尺六寸能載繩六百九十三海里之長中艙闊五十八尺六寸深三十尺六寸能載繩八百九十九海里之長後艙闊五十八尺深二十二尺六寸能載繩八百九十八海里之長三艙共載繩二千九百四十海里

同治四年七月二十三日黃昏時大東輪船始將電報繩放入海內至二十四日寅初一刻放出八十四海里之長用唐生之測器見第一百四十八節測之知其有大病至二十五日巳初知有與外繞者相同之鐵絲一條直通外繞之鐵絲而過象皮入於內故電氣能由此散去也於是乃在此截斷而收回之收回時已受大牽力而不能再用故仍回至原處相連而再前行施放不至半海里試之知又不能傳電氣蓋以試電氣之繩連差也又停而與前共停三十七小時矣後再將繩施放而前行七百十七海里試之又忽電氣全散入水細察之知其病在近船之處取出觀之見有鐵絲一段徑與外繞者相同一端光如剪斷一端毛如折斷者橫貫至中心

八月初二日辰正船到大西洋最深處又有一病乃將繩收出收至病處繩即斷當時船在北緯五十一度二十五分徑西三十九度六分距法連西阿一千○六十三海里四距牛分開六百○六海里六有一千餘海里之長沈於大西洋底深二千托處後欲自海內取出而數次皆未成至同治六年而全行取出運至牛分開不特未受傷且能傳之性比前更好前之各電報繩浸於水內而即壞而此能如此於造海底電報繩大有關係是年又造電報繩外包鍍鋅鐵絲再外包呂宋麻能受牽力八噸二擔同治四年所造者能受牽力七噸十五擔起放至成功未有一病放下之時能傳與不散皆如式每分時能傳十四字無一錯亂不明

咸豐十一年四月以前所造深海電報繩表

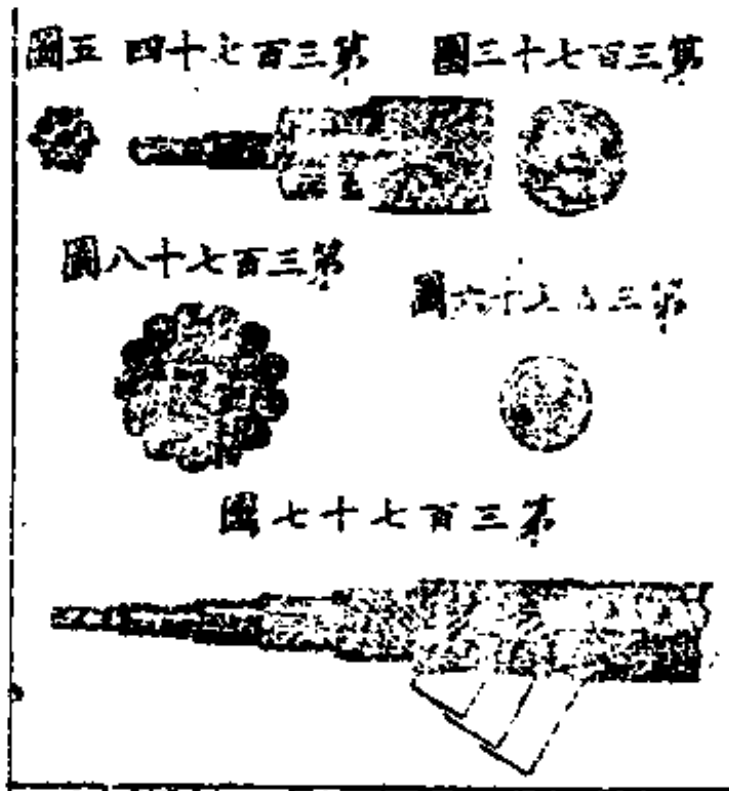
地名	長之海里數	主人
亞典至西辣與西何	一百十七	希臘國
大西洋	二千二百	大西洋電報公司
巴西路提至馬喊	一百八十	西班牙國
酷夫至奧脫闌特	六十	地中海電報公司

打約內而至西格與司束捺	五百十四	利凡得電報公司
以非殺至生旦杜尼亞		西班牙
以非殺至密奴法	七十四	西班牙
牛分關與步利頓角	八十五	
紅海		
瑞士	三百九十四	
酷西而至蘇京	五百四十五	
蘇京至哀頓	七百二十三	共三千四百九十八 紅海印度電報公司
哀頓至苦利亞暮利亞	八百二十五	
苦利亞暮利亞至馬司盍得	五百五十九	
馬斯盍得至克拉已	五百五十三	
沙的尼何與暮搭與合夫	七百	地中海電報公司
西細里與暮搭	七十	地中海電報公司
司彼亞失西加	一百二十	法國
沙約尼與步捺	一百二十五	法國
杜倫至奧其而司	一百八十一	法國
共	八千二百九十	

大西洋內所沈之電報繩一千海里及初時沈於大西洋內之電報繩外又有沈沒者長五百至六百海里今知所有電報繩九千海里之內惟洋者及另有八九百海里與殺的里阿至西面里長二百四十三海里深一千托者暮而溝沙與亞力山大深四百二十托者可用然繩深不及一千托者今不為深海電報繩不若舊時深三百至四百即謂深海電報繩也

深海電報繩最要者堅固也輕也不可伸長也易圍也易安於水也初造之深海電報繩小者每不及一年即壞多因象皮之節不牢銅絲相連不好未放下時象皮已損受大力電氣並天空電氣而病益大也

海底電報繩尚有小樣而未造者如第三百七十三圖第三百七十四圖為阿蘭之法內銅絲徑○四寸外包象皮而外絞小銅絲共十九條徑○二寸不用鐵絲又如第三百七十五六七圖為西門子之法外包銅片如庚庚厚約○二寸而不用鐵絲銅片包之甚緊甚輕而固全徑八分寸之三者可受牽力十五擔共受七擔僅伸長千分之八每英里之長重五百五十磅內銅絲繩徑○五二寸外徑○七五寸



查脫頓之法將外鐵絲各條用硬象皮分開包之橫剖面如第三百七十六圖甚合於深海電報繩之用惟價過貴耳或有用硫象皮而鐵絲或各分條包而後絞或絞而後包

泰根論海底電報繩云淺海用重大者可爲得法深海則未有妙法然將來考究必能有成淺海者易於修理故雖重大無妨深海者難於修理故以輕廉爲要

海底電報繩傳料 第二百二十七節

紅銅之性最是易傳故常用之若用鐵則價雖較廉而橫剖面須加五六倍故必重於紅銅五六倍也惟紅銅之傳亦有難易而依內含之他質馬底孫已查詳考而列表焉

純紅銅含他質

含炭百分之〇五	七七八七	一八三
含硫百分之〇·一八	九二·〇八	一九三
含燐百分之〇·一三	七〇·三四	二〇·〇
含燐百分之〇·九五	二四·一六	二二·一
含燐百分之〇·二五	七·五二	一七五
含鉀百分之少許	六·〇八	一九七
含鉀百分之二·八	一三·六六	一九·三
含鉀百分之五·四	六·四二	一六·八
含鉀百分之少許	八八·四一	一九·六
含鉀百分之一·六	七九·三七	一六·八
含鉀百分之三·二	五九·二三	一〇·三
含鐵百分之四·八	三五·九二	一一·二
含鐵百分之一·六六	三八·〇一	一三·一
含錫百分之一·三三	五〇·四四	一六·八
含錫百分之二·五二	三三·九三	一七·一
含錫百分之四·九	二〇·三四	一四·四
含銀百分之一·三三	九〇·三四	二〇·七
含銀百分之三·四五	八二·五二	一九·七
含金百分之三·五	六七·九四	一八·一
含鉛百分之一〇·	一二·六八	一四·〇

傳性之數以純銅爲一百 百分表之熱度

紅銅含銅數者則稍難傳若加鉛少許或錫千分之一則能易傳

尋常售賣之各種紅銅能傳之性各不同馬底西孫亦考得其數而列表焉

西班牙里亞汀士紅銅絲	一四·二四	十四·八
俄國紅銅絲	五九·三四	一二·七
新金山紅銅絲	八八·八六	一四·〇

傳性之數以純銅爲一百 百分表之熱度

美國紅銅絲	九二·五七	一五·〇
光亮紅銅絲	七二·二七	一五·七
韌紅銅絲	七一·〇三	一七·三

表內里亞汀土紅銅絲能傳之數與鐵相若尋常售賣之紅銅以含銅養爲最不善曾試含銅養之紅銅其能傳之數僅得純者百分之二十八總之純紅銅無論加何他質其能傳之數皆減而純紅銅又最難得然海底電報則必用純紅銅因能傳之數若能加十分之一則若干時內所能傳之信亦加十分之一也

電報繩內之銅絲常用三條至七條絞成小繩而不用獨條者欲其彎折而仍不易斷若用一條則彎折二三次則必斷矣且能傳數與橫剖面積爲比故多條與一條無異也凡相連之節將兩端各用磋使成斜剖面二面相搭而細銅絲捆繞外加銲藥燒之則銲藥鎔而走入細銅絲之中平面之間使黏外再繞細銅絲一層即成

電報繩在海內銅絲外所包之料若有孔致電氣散出則能變化而生銅綠銅綠易消化於水隨生隨消不久而銅盡變而消盡電氣即不能傳以負電氣傳過銅絲則銅絲不生銅綠而生鈉綠鈉綠能將孔漲大有法利者設法用極細之鉑絲循銅絲而繞之則銅絲雖消盡亦尚勉強可

金類名	長尺重量	長枚重格	長尺徑	長枚徑	熱二十度
	線之阻力	闊幕之阻力	千分寸之一	千分寸之一	阻力改變之數
退火之銀	〇·二三一四	〇·一五四四			
抽硬之銀	〇·二四二一	〇·一六八九			
退火之銅	〇·二一〇〇四	〇·一四四〇			
抽硬之銅	〇·二一〇六	〇·一四六九			
退火之金	〇·三八四九	〇·四〇八〇			
抽硬之金	〇·三九五〇	〇·四一五〇			
退火之鉛	〇·〇六八三	〇·〇五七五九			
抽硬之鉛	〇·三七一	〇·三九八三			

退火之銅	三·五三六	二四六·四
退火之鐵	一·二四五	〇·七五三
退火之鎳	一·七八五	〇·八六六
退火之錫	一·三一七	〇·九一八四
壓緊之鉛	三·三三六	二·三五七
抽硬之銻	三·三三四	二·三三九五
抽硬之鉍	五·〇五四	二·五三五
	一六·七四八	三·〇七二

鉑汞銀相合或硬或退火者此爲英國阻力元數

白銅或硬或退火常爲測阻力圈之用

銀一分金二分相合或硬或退火

表之用法以題明之設有抽硬之純紅銅一條每海里之長重四百磅求熱在百分表〇度之阻力每尺之長計重四百六十英釐而依表每長一尺重一釐之銅絲阻力爲〇·二一〇六故每長一尺重四百六十釐之銅絲阻力爲四百六十分之〇·二一〇六而每海里之長則阻力爲之六〇八七倍故其數爲四百六十分之六〇八七乘〇·二一〇六得二·七九即每海里阻力之數若已知銅絲之徑欲求每海里長之阻力推算更易自表內之第三行檢得其乘數則抽硬之純紅銅絲徑〇·一寸熱在〇度之阻力必爲一千〇六十二分之六八七乘九·九四爲六·〇六即其阻力之數銅絲退火則阻力減小當時熱度大則阻力亦小馬底孫之意凡純金類質自〇度至一百度熱度愈大則阻力愈小雜大物之金類則阻力大於其原質阻力之中數故不可作電報之用而極宜造阻力圈之用圈之積小小而阻力可大且熱度改變而阻力之變改亦少於純金類也

測海底電報繩內銅絲阻力之要阻力圈內之銅絲宜雙繞則電氣傳過圈內可左右相等而不致生附電氣用韋思敦之稱必先連於發電氣器其傳電氣之時必極暫若久則銅絲生熱矣相連宜極慎使不加阻力否則此阻力或甚大也若所測之銅絲不長則稱內阻力圈之銅絲亦不可長反之亦然用大面積之發電氣器一件而勝用多件之器所測銅絲之熱度並阻力圈之熱度皆當詳察繩內之紅銅絲須先試其質性何如包象皮再試之驗其與前試有差與否至全繩皆成後再器試其全長則自阻力之數可知銅絲有無洩電氣之處因知浸繩之水熱度不可過大

銅絲外包各質難傳之性 第二百二十八節

海底電報繩內銅絲之外包難傳之質者欲其傳行之電

氣不能散於水內而直至收信之處也猶之以不洩氣之管通煤氣至點燈之遠處相同萬物之內惟全乾空之氣能阻電氣無分毫之傳其次則為包堅象皮雖稍能傳而所傳之數極微硬象皮之阻力與等體積之紅銅絲相比略為六○○○○○○○○○○○○○○○○○與一比即六乘十之十九方與一比若命為尺數而使宇宙間行之最速如光者亦必約一百年方能行到故依此言之電氣自英國傳過電報繩仍有二百分之一能至美國也雖能再加精求至電氣全不能傳則所得之益亦不過二百分之一耳用軟象皮者則更難傳而銅絲有傷亦易察得試難傳質之簡法如第三百七十九圖將已包象皮者之銅絲之端如甲連於發電氣器之一極如人又一端全用象皮密封如乙而安於盛水之器內如丙盛水之器用銅絲連於又一極如子另以顯器如庚連於發電氣器與銅絲之間則電氣雖微有傳出其針亦必偏若知發電氣器之力數及顯器針之偏數則可略知其外包之料傳電氣之數已由此得各物阻力與紅銅阻力之略比數矣

第三百七十九圖

銅絲外包阻質第二百二十九節

硬象皮純而乾者其傳甚難然包銅絲而作電報繩若挂於空中則易收養氣或藏於地內則乾燥皆能變脆而折裂浸於淡水而濕亦稍能變脆若受熱則軟而易傷惟浸於鹽水不脆若安於海底則始雖無病暫時可用久則漸生小孔而漸變大至電氣不能再傳若挂於空中者屢有天空電氣使象皮成孔而致銅絲燒壞又摩電氣器發之一火星及化電氣器五百件之火星在數分時皆能使硬象皮成孔惟近今之硬象皮益精硬象皮公會來所造之硬象皮數種包裹於銅絲之外能使電氣不外散與軟象皮水用略同較之昔時硬象皮阻力更大百分之二十五若以硬象皮與查脫頓料相間則更難傳但遇熱能鎔故不能用於熱地韋思敦試知硬象皮內和茄瓢之粉或加特弗來則稍易傳因此二物之易傳也又黑而得之法將硬象皮二層內夾棉花一層亦非善法

軟象皮質純而傳極難成附電氣之性亦極小故最宜於包電報銅絲而熱至二百十二度不壞常售之軟象皮有印度與巴喇二種印度所產者價廉多遇空氣則面有黏力不合電報之用巴喇所產者常作瓶形俗名為瓶象皮能耐用而尤難傳象皮加硫能成軟與堅脆二種軟者灰白色四白力甚大名弗勒根難傳與純者略同在水中耐

用在露天易壞堅脆者黑色磨可極光不另加易傳之質則更難傳近來所造各種電氣器多用此代象牙與玻璃而面不凝水質勝於玻璃惟外面常放所含硫久而變鬆成多微孔易收水質電報用此極宜惜此一病耳

賴氏之料用失來克軟象皮鉛養砂養膠與硬象皮九分之一調和亦極難傳而成附電氣之性亦小質堅固而有凹凸力最熱之地亦不壞克來克謂用作深海電報繩最好而無病凡包電繩用數種料優於單用一料也設銅絲外包巴喇象皮一層再外以息辣發法包磨過之象皮數層再外包硬象皮一層再外包賴氏之料一層再外再包硬象皮一層無論用何法皆更難傳而成附電氣之性小難傳則造成之電報繩有小病易見其益皆極大也

電報繩內每加阻料一層其阻力各小於內層設阻力厚二倍阻力必不能有二倍故無論加至若干厚不能全不傳設呻爲包料之外面積申爲包料切於銅絲之內面積酉爲包料之厚則 $\frac{申}{酉}$ 三倍

包料熱度加大則阻力減小銅絲熱度加大則傳力亦減小故電報在熱地有使包料外受大壓力則阻力亦加大去之仍能復原硬象皮包之銅絲久傳正電氣則阻力加大久傳負電氣則阻力減小

電氣傳過難傳之質 第二百三十節

難傳之質之能傳依其能傳之性及成附電氣之性與放來頓後所存之餘電氣相同其附電氣在質內而不在質面與電報傳信之速有相關克來克與布何司曾將松香類膠類流質與玻璃或獨試或數物合試其阻性知各質成附電氣之數與其相距數之比各有不同而與法辣待所設各質附電氣之數不同故一質作各板而厚不同則附電氣數或與厚之平方有反比例而別質則或與別乘方有反比此與電報大有相關

阻質外包麻紗 第二百三十一節

銅絲各層阻質之外再繞麻紗數層使硬象皮不爲鐵絲所擠壞或銅絲數條各包阻質再各繞麻紗而相絞成繩則同時可以分傳麻紗宜浸透樹皮酸乃不腐爛若濕而繞之則易考得象皮之小病然各種麻浸於水皆腐爛甚速如有外露者每爲海內之小蟲所食地中海深三千六百至五千四百尺之處多此蟲

麻外再繞鐵絲成長螺絲各鐵絲樞切甚緊外似鐵絲繩初造電報繩用之鐵絲面皆鍍鋅一層使不生鏽然在海底切於石者常爲流水衝激而與石相磨或爲含沙泥等

之流水相磨故有數月之後鐵質蝕壞者後則鐵絲外不鍍鋅而外包麻麻再外加黑色麻油必免生鏽或外包步來得與克喇克所設含砂養之料以免消磨及生鏽波斯波海灣中電報繩之外全包此料又孟島電報繩如第三百八十圖用銅絲一條現今時電報繩淺海處常作每英里之長重十頓近岸處重至二十頓以免船錨之拉斷西門司設法在鐵絲外包麻麻外套鋅皮管

第三百八十圖

繩成之時盤於鐵池之內或自鐵池繞於鼓必向一面繞否則或折曲而易斷

繩外繞極好之鐵絲則每托之長共重一磅者應能受牽力約二頓每海里之長重三千七百五十磅每托重三七五磅者應能受牽力七頓半

銅絲傳電氣之例 第二百三十二節

有何馬者考知銅絲傳電氣之要例有五

一例某時內傳過電氣之數與銅絲二端電氣濃之較有比

二例傳過電氣之數與鋼絲之長有反比

三例傳過電氣之數與銅絲橫剖面積有比

四例傳過電氣之數與金類能傳之性有比鋼質能傳之性為鐵或鋼五六倍銅鐵二絲徑相同者則銅絲傳過電氣之數較鐵絲或鋼絲有五六倍

五例銅絲正極電最濃向負極漸淡至負極而最淡

銅絲傳遞電氣之數與銅絲二端電氣濃之較有比者即與發電氣器之力有比也此乃謂鋅板之面積足令銅絲不消電氣之濃也然尋常之器不能不消鋅板長四寸闊三寸共用二百件之器所發之電氣傳過第八號銅絲長二千英里則所減之濃等於減去十件一百海里長之電氣路減發電氣器之力自二百減至一百件故用發電氣器一百件不可即為有一百件之濃因其傳至彼端則濃依銅絲之長與大小所以二百件之濃或至彼端而僅有一件之濃也

電報繩之傳速 第二百三十三節

不通地之收電氣器近於不通地之易傳電氣質則電氣力增大愈近而力愈大（見第十三節）以二者彼此現附電氣也難傳之質其阻力之數即附電氣力之率（見第十節）而相距增大附電氣力之減小甚速所以電報銅絲挂於桿上各處不通地雖與地質及他銅絲各生附電氣而力甚小故銅絲甚長則傳電氣所費之時亦頗多而所傳各次難分晰如銅絲長半里一分時傳五六次收信者各次可分若長

至五百里而一分時傳五六百次則收信者不能各次而似連發矣若發電氣器之一極連於不散電氣之電報銅絲一端而又一極與銅絲之又一端各連於地則地內有附電氣至銅絲內其濃與發電氣器之濃相等銅絲短者則於發電氣器與銅絲斷時銅絲內之附電氣速散銅絲長者則發電氣器斷時銅絲內之附電氣存而不散與每次所發之電氣相合而混亂而阻電氣之傳故必發異性之電氣以消去之銅絲愈近地者則受地內之附電氣力愈大而愈阻電氣之傳銅絲包難傳之物而藏於地內者則略同於極大來頓瓶銅絲如內錫箔所包難傳料如玻璃地球如外錫箔也第十六號之銅絲每英里之長其外面八十六方尺如發附電氣與來頓瓶相同則等於錫箔面八十六方尺矣惟電報銅絲放電氣之時雖亦甚暫而較諸來頓瓶放電氣之時則為甚大故藏地之電報銅絲其附電氣甚能阻電氣之傳速

初用藏地電報之法不知有此以來頓瓶不能積化電氣至甚濃也故謂電氣傳過銅絲之速每秒時必可數萬英里後試倫頓至曼治司塔至格辣司苟藏地之電報知每秒時不及二千英里咸豐四年步來得試得海內電報知每秒不及一千英里

電報傳信減少 第二百三十四節

電報銅絲受地球之附電氣則於發電氣器斷時銅絲內仍暫有力每日之傳信乃不能多道光三十年西門司攷普魯士國之藏地電報初發其端倪咸豐二年克拉克知其詳至今各處之電報之傳信果皆因此而不能多克拉克謂電報之業務必每日之信傳能多乃能獲利今因此病致愈長而傳信愈少故亟設法免之然但能減殺而未能全免

初知傳信之減速偶以電報銅絲在棧房內者一百七十英里用小力發電氣器能傳過不減速電報銅絲在運河內者長一百英里電氣傳過減速易測得其時緣用電氣短銅絲傳過前至吸鐵器則一傳即引一斷即放若傳過在運河內之電報銅絲而至吸鐵器則一傳而相引稍遲而紙上之點畫不特遲顯且已顯亦不能速斷故畫之兩端皆尖若挂於柱上及棧房內之電報銅絲則未嘗有此也故為附電氣無疑焉

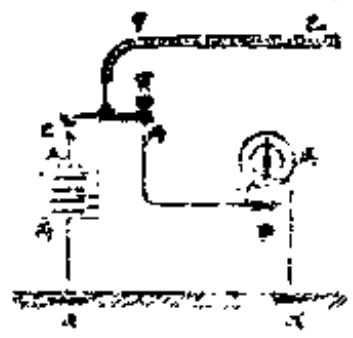
韋得耗司詳論藏於地內及海底之電報線能容電氣之事將銅絲外包象皮而再外繞易傳之質作電報二條一長十五英里一長二百英里二條之各一端同在空氣內直立其二端各連細銅絲各繞於軟鐵將二電報銅絲各

容足電氣則軟鐵變有吸鐵力而長十五英里者能挂重一千〇七十五磅長二百英里者能挂重二千三百磅令發電氣器徑傳軟鐵外繞之銅絲則能挂重一萬八千磅令傳過包象皮之銅絲長四百九十八英里四次能挂重六萬英磅包象皮之銅絲若兩端同連繞軟鐵之銅絲則能挂重九萬六千英磅

包象皮之銅絲藏於海底與地內能容電氣與銅絲之長有比將指南針近於包象皮之長銅絲電氣初傳之時針偏數多數秒之後針偏即少遠處之端電氣一放針或復原而不偏法辣待始論之

指電報繩長三尺所容電氣之器如第三百八十一圖人

第三百八十一圖



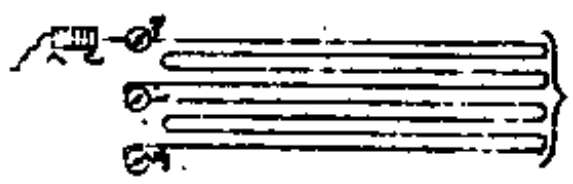
丙爲但尼里器一百件而不必大戾爲顯器寅爲磨而司傳電氣器其巳點相切令甲乙繩之銅絲連至發電氣器人丙在巳相切而連至顯電氣器器之他端通至地內戊戊相切繩內放出電氣傳過顯器而針偏其容入之數必等於放出之數將顯電氣器移於人巳之間以測其容入之數知針之偏與前相同由針偏之數可知所容電氣數

同治二年十月克辣克法辣待愛阿里三人共曾試數者如左

一用包象皮之銅絲長一百英里在運河之內遠近二端皆不通地有顯器能顯所入出銅絲之電氣發電氣器之一極通於地又一極通至電報銅絲切則顯器之針速偏右其力甚大後則則針略至原處不動斷後則顯器之針直立此時令電報銅絲之近端通地則顯器之針速偏左其力亦甚大知銅絲內之容電氣也此繩若在甚乾燥之棧房內試之絕不有此

二用包象皮之銅絲長一千四百英里象皮外繞浸黑煤油之棉帶而象皮厚四分寸之一銅絲徑十六分寸之一每十英里之長外面積八百二十五方尺七十英里安於乾木板上其餘套於鐵管或瓦管內埋於倫敦至曼治司

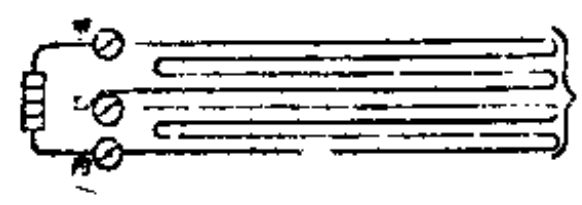
第三百八十二圖



塔鐵路之旁曲爲八折如第三百八十二圖以麻繩捆紮用但尼里發電氣器五百八件在倫頓而銅板如已連於電報銅絲之端而過第一顯器如甲鋅面如人通至地內電報繩至曼治司塔往復二折又過第二顯器如乙再往復二折又過第三顯器如丙而通至地電氣一傳第一顯器之

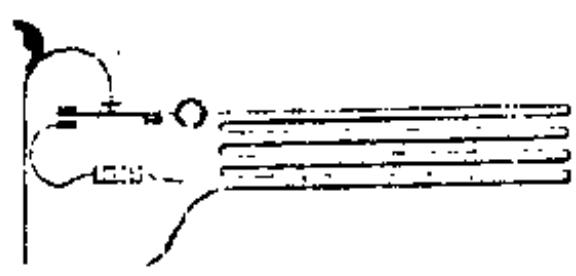
針忽偏甚多而至九十度一秒之後第二顯器之針亦漸偏而較少至四五十度再久而第三顯器亦緩偏而跳動至二十度電氣一斷則第一顯器先速回至○度後而第二回至○度再後第三回至○度

第三百八十三圖



三發電氣器不通於地而徑連電報銅絲之兩端如第三百八十三圖銅板連於第一顯器如甲鋅板連於第三顯器如丙電氣一傳則甲丙二顯器之針同時而偏甚多乙顯器則遲一秒餘而偏甲丙相同電氣一斷而將甲乙二顯器相連則針相反偏與前相同以附電氣放出故也

第三百八十四圖



四發電氣器之一極連於地一極連於電報銅絲一千圖元十英里銅絲之端如第三百八十四圖按下其柄則電報銅絲連至發電氣器而電氣傳過顯器至電報銅絲放上其柄則電氣斷而電報繩內之附電氣傳過顯器至地內再按下其柄則附電氣放出使針多偏放上則針反偏更多以電氣之正負異遂按多次有至四五秒後而放附電氣使針偏者

硬象皮局內曾試長一百英里之電報銅絲電氣傳而斷五分之久尚能放出附電氣使顯器之針多偏曾試鐵絲不包象皮而挂於空氣內長五百英里傳電而遠端速現斷電氣而遠端亦速斷幾無瞬息之延試藏地之電報繩長八百英里發電氣器自三十一件增多至五百十六件其各次之遲皆約半秒

銅絲如來頓瓶之內皮外水或濕泥如來頓瓶之外皮雷報銅絲不連別處而受電氣似電氣之容入來頓瓶電報繩藏於地內或海底長一英里面積已甚大如甚大之來頓瓶故可容二百三百件之電氣而亦能現力用發電氣器一件之濃傳入繩內而速分斷之令不通地則電氣可久容於銅絲內或至一日至二日

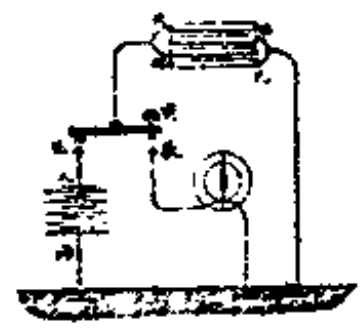
測電報銅絲容放之電氣數 第二百三十五節

測電報銅絲容放附電氣之數初用平卧顯器觀其針所偏動之度惟電氣傳過之時甚短吸鐵針受力不久不能指而僅可暫指定某度附電氣力與針偏度之通弦有比均同於試礮彈打擺之力其偏若不過三四十度而但欲知略數者則以附電氣力與偏度有比亦可克拉克考得顯器以蠶絲挂吸鐵針而針偏不多則度附電氣力與偏度有比而各顯器之數各不同克拉克所常用之顯器

偏至七十度者俱可以針某時中搖動之次數與附電氣力有比而附電氣力與發電氣器電氣之濃有比曾試四件至二百五十件之各濃皆合又試一件至五百件亦合故用發電氣器某件傳其電氣於電報銅絲長一英里之內而觀吸針之偏度再加銅絲之長而加發電氣器之件數至得吸鐵針之偏度相同則二電報銅絲附電氣之力各與發電氣器件數有比

尋常電報繩附電氣力略與所包象皮厚之平方根有反比又與銅絲徑之平方根有比故加銅絲之徑而同例加象皮之厚則附電氣力不變克拉克試得略銅絲包硬象皮者附電氣力與銅絲徑之平方根有比又與其象皮厚之平方根有反比即其與此合故象皮之厚薄不等則附電力之例與空氣內者不同空氣內兩相對面之中間所容附電氣之數與兩面間空氣之厚有反比而不與厚之平方根有反比也韋思敦將紅銅絲長一英里二英里三英里四英里四條而徑相同外各包硬象皮亦同厚用發電氣五百四件器覺銅絲所放之電氣與銅絲之長有比西門子設測海底電報繩附電氣數之器有調換之按柄用兩心輪動之令電報繩迭更收放電氣極速電氣傳過顯器令針偏而略能指定易見度數韋思敦另添加速齒輪於兩心輪使轉動極速而指度數甚詳用發電氣器五百件能顯銅絲長一尺徑十六分寸之一者挂於房內之收放電氣克拉克之法用較記數器及能調換之按柄三使動極速用發電氣器五百件及繞三萬五百轉之銅絲圈顯器能指附電氣力甚詳電報繩加長半寸或將手近銅絲皆能有別短電報繩放收電氣而針偏搖由於受附電氣力之時極暫以針之偏數可知收放之電氣數將來頓瓶或增電氣器或長一英里之電報繩為元而放其電氣如第三百八十五圖天甲地乙為四板增電氣器其間各用雲母石或硬象皮或地油膏（其質如蠟）或玻璃或空氣分隔甲乙通地而天地不通地寅為按柄按之則已點相切而發電氣器入丙連至天地二板放之則已點相離而辰點相切則天地二板連至顯器令針偏若干度仍用此發電氣器電報繩代增電氣器同法為之至顯器之針有同偏度令電氣之若干分過阻力圈而如此可配準之若電氣百分之一過顯器則繩容電氣為增電氣器容電氣一百倍其容電氣各數之比若所差不多則可與回光顯器（見第一百四十五節）之偏數有比例再欲更詳則可與某半角半之正弦有比

第三百八十五圖



凡顯器之吸鐵針稍重善於回光鏡之輕吸鐵針輕者多受空氣之阻力也測電報繩之附電氣又有妙法數端將電氣自增電氣器換至別增電氣器觀換之前後所有能力之別一也令電氣以對面方回各放一次而傳過較數顯電氣器見第一百四十四節二也以較數顯電氣之一圈連放電氣若干次令其對用阻力圈配準恒流之電氣三也用韋思敦之電氣稱見第一百一十節令所放之電氣對恒流之電氣四也

各種難傳之料能成附電氣之數不同與各種海底電報大有相關銅絲徑同而包之料不同則成附電氣之數亦大不同銅絲長徑相同而包之料不同則同在某時中能傳之信或多至倍半也傳信之多包料既賴則獲利亦因之賈得弗來用象皮與磨碎之茄壳掉和以包銅絲克拉克曾試之知成附電氣之性最大拉得克利弗料成附電氣之性次硬象皮外包查脫頓料硬象皮黑巴麻油由思相名爲查脫頓料者成附電氣之性又次之硬象皮外用好而司之棉線與比辣軟象皮甚紫與硫象皮線共二十層迭更繞之成附電氣之性又次之用尖來克軟象皮矽養粉及硬象皮少許調和名爲賴氏料包二三層與夫硬象皮公會所刱之料及屑勒法公司之軟象皮三者成附電氣皆最小

克拉克曾試銅絲與鐵絲成附電氣數之大小知其相同蓋以附電氣容物外與內質無涉也又試使電氣再傳同長之第二電報繩其附電氣數相同電報繩其全不洩電氣而連至發電氣器則無論長如何無論使電氣先傳如何阻力之質附電氣數亦相同以包象皮銅絲長一英里發電氣器一百二十八件使電氣先傳阻力圈等於七百英里長之電報繩而後至象皮所包之銅絲而銅絲內電氣之放出亦須先過此阻力圈乃用顯器測收入之附電氣數得三十四六放出之附電氣得三十三六再將一英里長之銅絲徑連於發電氣器與顯器而中間不加阻力則附電氣收之數爲三十三八放之數爲三十六六與前數仍略合

電報繩收放電氣數與正負皆相同可証之如左

一以象皮繩懸大木桶使不通地而滿盛水將硬象皮包之銅絲長半英里浸於桶之水內發電氣器二百五十六件之負極連於地其附電氣力依常法測之觀平安顯器之針搖動得附電氣數收者○七放者○五漏者○二五其收數之大乃受屋墻與屋頂板之附電氣也

二將桶內之水通地以同法試之得收者二十八三五放

者二十六三二漏者一七二

三將各物相連如第三百八十六圖使電氣不傳至銅絲而傳至桶內之水銅絲則連顯器而通至地內如前法試之得收者二十七九二放者二十五九二散者一九五

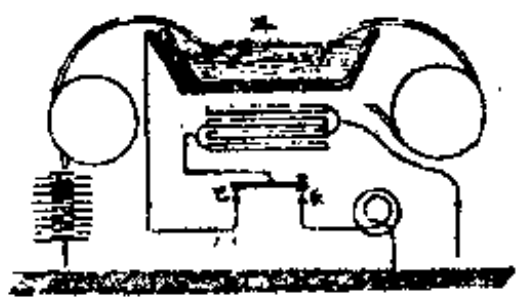
第三百八十六圖

四顯器不連於桶內而徑連於通至地內之銅絲以測自桶至地所過之電氣收者二十八一二放者二十五八八散者一八七

五將發電氣器連顯器而顯器連銅絲入桶之水內與包象皮之銅絲不相切而包象皮之銅絲通至地以測發電氣器傳至水內之電氣得數收者二十八七二放者二十六一散者二四二

右之所試正負二數相同且象皮銅絲受電氣無論自何傳來其濃若同則附電氣亦同

第三百八十七圖



所散之電氣數可用所放之數測之如第三百八十七圖於巳辰三點令電氣斷則電報繩內電氣皆漸過象皮而散一分時後令辰點相切而放其電氣觀顯器針之偏度數與前數相比可知一分時所散之數步來得與克拉克用此法試電報繩節所散之數癸爲電報繩節浸於水盆內盆不通地連於增電氣器再令發電氣器連至電報繩之端如節有散則所散者漸至增電氣器而增多一分時後放增電氣器之電氣至顯電氣器可顯一分時所散之數

海底電報繩能傳之速 第二百三十六節

銅絲傳電氣所費之時最難測量路雖甚長時仍極暫極暫之時其數在秒以下故測最難準也韋思敦試挂於屋內之銅絲傳電氣之速每秒約二十八萬八千英里見第三十四節此數甚大於前諸人所推算之數也若銅絲距地球極遠而絕無成附電氣之性則速更大

胡客在美國試電報銅絲傳電氣之速得每秒一萬八千英里費果與格那拉試紅銅絲傳電氣之速得每秒十一萬二千六百八十英里其試法甚巧用象牙圓板平連於軸端板之對邊有金類以簧按圓板之周金類相切則成電氣路有圓板稍移於其軸上至放電氣之板正有簧相切之時其回之電氣簧正離其方位可見輪在任方向停則不能成電氣路而電氣報線無電氣傳過又若二圓板轉動而電氣來往不費時亦如此若電氣來往費若干時則第二塊象牙板上之金類板能轉過至應當之時成電

氣路令回之電氣過一顯電氣器至地球內配準此二圖板之方向令顯電氣器受其極大之力觀轉動之速易定電氣傳之速

一章得耗司所試特設測電報繩傳電氣歷時之器用收信器與另有一擺其擺搖動能令電氣傳於銅絲之左右有發條與齒輪能令收信器轉動而將條紙移過以筆切紙條電氣過之即變黑點

發電氣器之一極連於鋼筆而按於紙面一極連於金類板切於紙下而紙以藥水稍濕電氣傳過筆與紙則紙面變成點畫

擺挂於釘釘連發電氣器之一極擺之上端伸蠶擺搖動時上端之伸蠶者切於左右二邊之簧不動之時簧切於中間之柱發電氣器又一極連於此柱擺之上端切一邊之簧時簧即暫離柱如切右簧則電氣自正極傳出而過電報銅絲再自右邊之簧回至柱之負極銅絲數繞於軟鐵條電氣傳過銅絲時軟鐵條暫變有吸鐵氣其南北依電氣傳左右二簧而相反（見第一百五十二節）有恒鐵條與此鐵條相近亦挂於釘可左右移動電氣吸鐵條電氣之正負改變則恒吸鐵條移動移動之吸鐵條向一邊則能傳電氣而令紙條成記號向彼邊則電氣不能傳而紙條不成記號擺每秒一動而調換長銅絲電氣之正負一次故一秒中能使紙成記號而一秒中不使紙成記號觀紙之記號為長線與同長之空處相間俱為一秒內所成

電報繩之二端若各連一收信器而將二器之筆同時安於紙條上使成記號則電氣自一筆傳過銅絲至第二筆而有歷時則二筆不能同時成記號而必有先後之別惟每秒紙移過之長以所成之畫而知之則易知二筆為電氣動者時之較此較即電氣傳過電報繩之歷時

電報繩長一千一百四十六英里用秒擺每動一傳電氣而不變電氣之正負則紙上之畫相連而無斷處因電報繩之附電氣力甚大前次傳之電氣未散而後次又傳也其阻力等於水柱長三十寸徑八分寸之三之阻力皆足令電痕貫一秒之時也若迭更用正負電氣則後次能滅前次而每秒可作七八記號因電氣恒相消而傳能速也

葦得耗司設稱電氣力之器用極輕極小之稱稱尾挂小權稱頭注軟鐵條軟鐵條下又有軟鐵條用細極之鐵絲圍圈之鐵絲圈傳電氣則軟鐵變有吸鐵力而吸鐵力依電氣力故稱尾權之重與電氣之力有比

用沙發電氣器板七十二雙以銅絲傳電氣至鐵絲圈內銅絲恰相連而無餘長則稱尾權重可二萬五千磅以包

象皮之銅絲長二百英里傳電氣至鐵絲圈則權重可一萬六百五十英釐若長四百英里則重可三千二百五十英釐若長六百英里則重可一千四百英釐若權重之減小數與電氣傳過銅絲長之平方有比則長六百英里者當少於一千四百英釐

電氣傳過長短各銅絲云歷時人已屢次考究得各數傳過長八十三英里○·○八秒傳過一百六十六英里○·一四秒傳過二百四十九英里○·三六秒傳過四百九十八英里○·七九秒傳過一千○二十英里一·四二秒以八十三英里爲元則各長比爲一·二·三·六·十二若力與相距之平方有反比則傳過長一千英里之銅絲其速必小焉長八十三英里者一百四十倍而當費時十二秒已試多次得各次之中數如左

吸鐵電氣傳過硬象皮所包之第十六號紅銅絲長三百英里十二分秒之一至十六分秒之一長六百英里八分秒之一至九分秒之一長九百英里五分秒之一至四分秒之一壯各數爲級數一二三等則速所相配之級數爲四分之一九分之一十六分之一等如銅絲長五百英里每秒能傳電氣作記號三百五十次銅絲長一千○二十英里則每里作記號二百七十次依章得耗司所試之事

電氣傳過銅絲之速與電氣之力或數有比又自所考設理云海底之電報繩或地內電報繩傳電氣之速與所傳長之平方有反比與別人所試得者不合

所試之事內有數件如下

用鋅七小條各連短銅絲鋅條外全護火漆皆僅外露小鋅點而分安於盛淡硫强水之七瓶內成發電氣器其電氣能傳過長六百英里之銅絲使遠端能成點畫最易不差用器試之知電氣傳過六百英里歷時十分秒之九再用沙法電氣器十二件各板四方寸知電氣傳過六百英里之銅絲歷時百分秒之四十四

用沙法電氣器七十二件各板十六寸方電氣力能傳六百英里而成吸鐵力起重一千四百英釐知傳過六百英里歷時一百分秒之四十四再用附電氣圈二對長三十六寸次圈之銅絲長一英里又三分之一用司米之發電器（見第一百節第六條）共板十雙每板一百平方寸傳過長六百英里之銅絲止能起重七百四十五英釐而傳之歷時爲百分秒之十九故得傳十六號紅銅絲每秒速之中數化電氣略一千四百英里吸鐵略四千三百英里若極大之數則化電氣爲一千八百英里吸鐵電氣爲六千英里

化電氣傳過十六號銅絲長一百六十六英里者歷時約

○·一六秒徑二倍而長等則○·二一秒徑三倍則○·二八秒等徑等長而用雙附電氣圈則第一銅絲爲○·○八秒第二銅絲爲○·○九秒第三銅絲爲○·○五九秒若等徑而長二百五十英里則第一銅絲爲○·二九秒第二銅絲爲○·四○八秒若用雙附電氣圈則爲○·一四五秒與一八五秒因知銅絲之徑加則傳行之速減而海底或地內包象皮之銅絲其徑與速不合於平方比例蓋此乃傳電氣之速而非傳電氣之數也惟電報繩因發附電氣而似來頓瓶故電氣之傳速亦減而不同尋常之傳電氣故與深海作電報大有關係

咸豐六年十月英國至阿爾蘭之吸鐵電報公會以銅絲長二千英里埋於地內而傳吸鐵電氣每分時可傳記號二百十至二百四十一絕無混亂至速者每分時可傳二百七十知吸鐵電氣較化電氣益便用也

二克拉克與尤司所試其測電氣傳速之器略同尤司印字電報器見第二百二十節以電氣傳過合於電報銅絲長四百六十英里之阻力圈知但減電氣之數而不減其傳速若以相同之電氣傳過海底電報繩則減其傳速各數如左

長七十五英里	歷時 ○·○二五秒
長三百三十一	○·○八○
長三百○八	○·○一五
長三百八十三	○·一四○
長四百六十二	○·一六○

將右各○秒數度成縱線而相連其端則略成直線故知電氣之速略與銅絲之長有比而非與長之平方有比惟與常人所言之速數不合蓋傳速不特以銅絲之長或阻力而有異亦依成附電氣而積與電氣之數也然唐生之書則謂平方比例之理亦不可以此而即棄之

三京根所試紅海電報繩初成先濕於鐵池內而試得十理如左

電氣動力之大小與傳過銅絲之速無大相關

銅絲近端通地某時之後遠端電氣所試之速同於在近端同時連於發電氣器所有增之速

調換電氣之正負而不改電氣連銅絲所增之速又不改電氣減速之圈之曲線

海底電報繩每分時能傳記號有定限雖有巧法亦不能過電報繩能傳信速之限其所受之記號力漸變小之病比號相混之病大小懸殊

迭更調換電氣之正負傳信亦不能加速

記號極短必令電氣能見其改而能見方不致亂

銅絲包硬象皮傳行似有減速然減速以電氣之收放出而非象皮之實能使減速也

傳信之速與銅絲長之平方有比而已記號不能分爲速限若用針者則以能見其動而不亂爲速限

發電氣器之阻力與收信之阻力與加等長電報繩相同

四法力所試其意謂電氣無重可稱不能壓紫故電報繩近端電氣傳入則遠端同時有電氣傳出惟遠端至能有力則必稍遲蓋力必由漸而增至極大也以電氣之行似浪之動則浪首先到浪項必遲到也法力以爲極大數之半最便於查得因若干時內其濃之改變比別時更速又設一器可平分電氣浪易得長短各等電報繩之傳速

有人在英國倫頓大船澳之處試昔時沈於地中海之電報繩知傳速與繩長之平方有反比與唐生之例合又試以電報收信器連於繩之端收信器內圈之阻力等於電報繩阻力之半則電氣浪傳過之速減小至四分之三若阻力等於電報繩之全長則速減至五分之三若阻力爲二倍於電報繩則減速二分之一餘

試得奴爲志與闌得夫特之電報繩知銅絲長二倍則速減略得四分之一蓋此電報繩之散電氣數極少且成直線形比成圈形者得吸鐵之附電氣更小也試地中海之電報繩加長三倍則速減得九分之一在其中加能放電氣之銅絲則速二倍故繩中多作放電氣之銅絲則可增電氣之速而力不甚減仍足傳信

電報繩暫連於發電氣器而速令通地則傳速極大曾試電報繩長五百四十英里減速得自一三二六至三七法力試電報繩外加鐵絲則變有吸鐵性而亦減傳速惟其減甚少與附電氣之減不能相比

海底長電報繩之附電氣 第二百三十七節

克拉克用發電氣大器六十四件令電氣以按柄忽傳過等於電報繩長八百英里之阻力圈另有電氣若干分傳過顯器而入電報繩內則電報繩之銅絲受電氣之濃等於連顯器處電氣之濃其附電氣之數略與其距電氣端有比如在一百英里容電氣與於電氣所得顯器之偏度爲七二〇與六六〇相距二百英里爲十四三五與十三四五相距四百英里爲二十七六與二十八八相距八百英里爲五十六九與五十五七電報繩之遠端通至地內則容於放電氣所費之時與長之平方有比如電報繩長二百英里附電氣數爲長一百英里者二倍用相同發電氣器之濃令電氣傳過之路二倍則因長二百英里之電氣繩體積二倍故容電氣之數亦二倍又電氣傳過之路

二倍故容電氣與放電氣所費之時亦二倍如前所言之理

電報繩內電氣浪 第二百三十八節

長電報繩連傳電氣數次而傳之時極小則各次所傳者必分行至遠處而分現故長電報繩欲加傳信之速可依此理而得之

電氣浪可分三種一爲正電氣二爲負電氣三爲正負電氣相和設將正電氣浪之濃迭更增至地球電氣濃之上而減至○度負電氣浪之濃迭更減至地球電氣濃之下增至○度則二種浪之性與理相同惟用正負電氣相合之濃則得大益因迭更用正負電氣浪可不用簧使銜鐵還原處則無簧力以減電氣之力其銜鐵或吸鐵自能動而電氣力全在傳斷之時用出矣

電報繩各段之附電氣數 第二百三十九節

電報繩各段之附電氣數可用圖以明之如第三百八十八圖甲乙丙丁戊巳庚爲海底長電報繩之各段以電氣傳過令甲辛縱線爲近於發電氣器處電氣之濃而乙丙丁等各處電氣之濃俱與發電氣器之相距有反比故辛庚爲電氣在各處之濃負電氣之數而與其濃有比所以乙丙丁等縱線可明電報繩各點電氣之濃而繩內附電氣之和數可用辛甲庚三邊形命之用垂線甲乙丙丁戊巳分三邊形爲多四邊形則各垂線間之面積爲繩在此間附電氣之數依三角法之公理將其底甲庚平分若干分而在各分點作垂線乙丙丁等得極小形之而積巳庚爲一則餘各形之面積依各奇數成級一三五七九十一等故

第三百八十八圖

海底電報繩可分爲若干等分各分附電氣數之比爲一三五七九十一等若電報繩平分三分則近於發電氣器之一分附電氣數爲五遠之一分爲三再遠之一分爲一發電氣器之力雖有大小此比恆同蓋與發電氣器之濃無涉而各分自相比也

發電氣器與電報繩相連之處若忽斷而他端通地者則繩內電氣盡在他端而入地內若忽斷而近端速即通地則近端傳入地內比遠端傳入地內者其數更多其濃更大

電報繩容電氣之理 第二百四十節

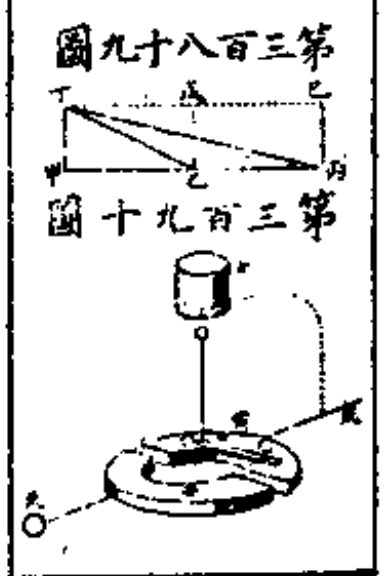
電報之能獲利依能傳電氣之速並某時內傳記號之多發電氣器未連電報繩時所發電氣之濃爲極大電報繩之遠端若通地則此端與發電氣器連時所發之電氣傳

至電報繩內若發電氣器之力不極大則其濃必減小至電報繩逐段容滿電氣而發電氣器之濃乃漸大發電氣器近端之段其濃漸大至遠端所傳出之電氣等於近端所傳入則當中各段必已容至定限而各段之濃可以曲線命之惟發電氣器之力若有無窮之大則可用直線命之繩內各段之濃至定限後則某段（見第二百四十節）甲乙之電氣數可用甲乙丁三角形命之發電氣器之濃不變則長繩甲丙之電氣數亦可用甲丙丁三角形命之設甲乙繩長一百英里甲丙繩長二百英里則甲丙附電氣為甲乙附電氣之二倍蓋甲乙丁三邊形為四邊形甲乙戊丁之半而甲丙丁三邊亦為甲丙戊丁四邊形之半此二四邊形為二與一之比則甲丙丁三角形必為甲乙丙三角形之二倍也故長三百英里之電報繩所容之電氣為長一百英里之電報繩所容之電氣二倍又可知電氣傳過甲乙所行之路為甲丙二倍所以甲丙繩不但容二倍電氣而電氣傳之長亦二倍故收放電氣其時必為四倍又依同理加令甲丙繩為甲乙繩長三倍則附電氣亦三倍而長亦三倍故收放電氣之時為九倍總之電報繩遠端通至地內收放電氣之時與其長之平方有比唐生初傳此理咸豐五年五月傳於英國博物會用最深之算學法詳考之不謬

電報繩發電氣器之濃如電報繩之傳速不加設電報繩之附電氣力以三角形命之（如前第三百八十八圖）用發電氣器一百件之濃入繩為一再加發電氣器之件數至其濃為二則傳入繩之後各點之濃亦為二按同時中傳過銅絲之電氣數與其濃有反比所以電報繩容電氣數二倍而濃亦二倍故二者出入電報繩所費之時相同

試短電報繩（第二百四十一節）

試法造法之理如第三百九十圖甲乙為輕扁之鉛針以鉑絲繫其一端而加重物令相定鉛絲連於來頓瓶如壬體如天而寅半圈通地如戊則鉛針之長端必稍向丑轉動無論容電氣體所容為正為負皆然若將壬來頓瓶內面容負電氣則針亦容電氣與瓶之內而相同鉛針必為丑半圈所引若天體容正電氣則引力加大若天體容負電氣則鉛針為丑半圈所推而推力亦加大天體若不容電氣而至與地球相同則鉛針必歸原處因受丑寅二半



第三百八十九圖

第三百九十圖

內戊之下而針下有二半圈丑寅其分斷之處正鉛針全器盛於金類匣內甲乙鉛針若不容電氣而丑半圈連於容電氣之

圈之力相等而鉛針與來頓瓶相連故能容電氣而電氣稍洩亦可相補而無妨故可屢試不差也若所容之電氣爲一千而每分時所洩之電氣爲一則無甚要然僅以針能受之電氣爲一或二則電氣速全去而試之不準然用來頓瓶者則鉛針移動之路多而更靈若瓶所容之電氣數恆相同則所指之電氣數亦恆相同

鉛針連有小回光鏡以燈光照之使回於屏面而觀其光點之移動與回光鏡顯電氣器相同見第一百四十五節來頓瓶置於盛硫强水之器內取其空氣燥而電氣不易速散可數日不改金器置於金類匣內欲其不受周圍各物之引推鉛針而亂其偏之角度其鉛針所偏之角度甚小而與天體所容之電氣力有比天體連於丑半圈而寅半圈恆通地

試海底電報繩之一段用此易於比較其電氣首端之濃及末端減小之濃所費之時其所費之時與傳質之阻力有比所用之電氣不必甚濃且能知摩化二種電氣其性相同

摩擦電氣器或附增電氣器如前第十二圖放一二火星容電氣或化電氣五十件一百件之極暫連於此器皆可試電報繩傳質之阻力以英國博物會之數定之見第一百四十四節設酉爲秒數吧爲首端之電氣力巳爲末端之電氣力則

$$\text{酉} = \frac{\text{吧}}{\text{吧的對數}}$$

即

心爲對數根

二式內之第一式用雙曲線對數第二式用常對數巳吧無論用何式俱等於一呻爲電報繩所容之電氣數

試電報繩節所包質不散法將其節安於難傳之盆內盆連於丑半圈用摩電氣器或附增電氣器令盆受電氣而測所入電報繩內之電氣數其銅絲當連於器之中凡試此事必極慎而令各器極淨而散電氣數極小必用法令空氣極乾器而絕無濕氣也唐生之顯電氣器二十四小時內所散之電氣不及二百分之一大西洋之電報繩容滿電氣十五分時散去者半

唐生易移之顯電氣器亦可用測各難傳質之阻力易傳質用此難傳質包之而容電氣待若干時而測其電氣散去若干即知其質之阻力又發電氣器等之電氣動力及欲知電氣極詳極準者皆用此測之

器分六件其略巳第四十二節秦京詳論其造法用法如左

一件爲來頓瓶瓶之內錫箔僅鋪瓶之下半瓶連於黃銅板黃銅板上面遇瓶內之空氣而無外銜之器

二件爲移動之試板與前黃銅板平行連於欲試電氣之體

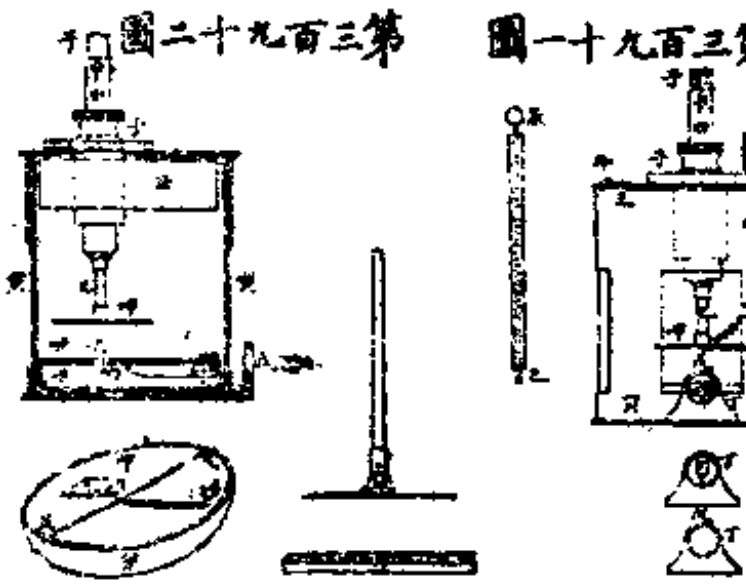
三件爲針試板與連於來頓瓶內皮間所現之力卽所以動此針

四件爲試板相連之極上有冒能阻外濕空氣入來頓瓶內

五件爲銅蓋可令外各物不受電氣之力

六件爲盛浮石之處浮石內漬足硫强水硫强水能收去器內之水氣

各物之位置如第三百九十一圖第三百九十二圖其第一圖第三百九十二圖寅寅爲玻璃來頓瓶上有黃銅蓋蓋內有多孔可見瓶之內皮內皮爲黃銅杯連於瓶底如卯卯及第三分圖黃銅杯上連有黃銅板如第二分圖之卯欲容電氣於瓶將象皮所包之銅絲入瓶



第三百九十一圖

第三百九十二圖

蓋之孔午如第一分圖之戊或用附增電氣器如第七八兩分圖以容其電氣可以或正或負俱依用器之法容電氣之後取去銅絲用蓋蓋密午孔甲爲能移動之試板用黃銅圈薄板連於玻璃柱令不通地柱上相連黃銅柱如申可用微分螺絲令其或起或落分微螺絲用轉柄動之轉柄之下有摺邊如子平分爲一百分各分有數可記之黃銅柱申出於轉柄之上其頂有分度每分對轉螺絲一周用此兩分度則試板之起落可辨至二萬五千分寸之一呷呷兩試板之相引或相推依所容之電氣爲相同或相異試板放下則力增多試板收上則力減小其第二分圖之針乙丙丁卽以此力而動

乙丙丁針有鋁小方板與彎桿二件鋁板卯板等高彎桿在卯板之下而戴小乂小乂中繫髮一根於頂如第一第二第三分圖人目窺寅杯之戊過來頓瓶之玻璃見此小乂乙丙丁針連於金類細絲如第三分圖戊戊針能搖動橫髮後有白紙白紙有二小黑點觀髮之起落與此二黑點比較卽知叱板之起落其搖動有定限若停時則叱板與卯板等高而髮正在二點間之中如第一分圖之下有顯微鏡如第二分圖哦對其髮使易見其動且可見光差人目若不正在二點之間則見髮爲彎曲試板之電氣

刀足則叱板與卯同高而戊戊絲稍鬆試板若無電氣則叱板至卯之下而髮在二黑點之上用銅絲乙外套玻璃管幸過銅絲蓋之孔至試板如第一分圖有玻璃柱庚令不散電氣幸管上有冒如壬可移上下移下之則阻空氣不入瓶內並使試板與來頓瓶之外板相連而電氣可相傳不用之時須移下之瓶內有鉛匣如第二分圖之丑盛泽石漬足硫强水收去內之水氣

用法如第一分圖將壬冒移下至與蓋相切而轉甲輪約二十轉次使試板起高觀分度子可知其轉數乃開蓋之午孔用象皮包之銅絲如第六分圖之辰巳放入之使未包象皮之處切於卯板而不切於甲板將附增電氣器之蓋容滿而後切於午孔所伸出包象皮之銅絲如第七分圖屢次爲之則叱板容電氣而與甲板相引而小乂之髮自二點之間移下卽將包象皮之銅絲速爲拔出速閉午孔其相引之力能勝金類細絲之扭力而甲板之距叱板與分度子之二十分相配次自顯微鏡觀之而移動其目使見髮不礙其髮若在下則順時辰針而轉其螺絲使試板起上而髮至正中其髮在上則逆時辰表針而轉其螺絲使試板落下而髮至正中先觀子分度而記其千百二位之數再觀轉柄吁分度而記其十與單二位之數如吁分度有二一字而蓋有六五字則爲二千一百六十五此數謂之地數以試板之通地也從此可知來頓瓶容電氣之數及他物之電氣與地球電氣之比矣來頓瓶初容電氣之時地數不能定而不改雖甚精者觀之人必每數分時轉吁蓋使呷板向下則其數必增因電氣漸爲來頓瓶所收也如將來頓瓶之電氣忽放幾分而再試地數則其數漸增大因來頓瓶之電氣漸放也可見未用之前數小時當先容電氣則至用時不致有改而用時則來頓瓶所容電氣之數不可增減也若無太病則容電氣後十二小時地數可不改

舉起壬冒而以欲試之物切其銅絲幸將轉柄吁轉之至髮在二點之正中觀二分度記其數將此數與前數相減餘數爲所試之物之電氣力或名爲試物電氣濃餘數若爲正數則試物之電氣與來頓瓶之電氣正負相同餘數若爲負數則試物之電氣與來頓瓶正負相異

用附增電氣器之薄金類板容電氣於來頓瓶則所容之電氣必爲正設地數爲一九五〇兩試數爲一二一〇可知所試物之電氣爲負而其能力依器之分度爲七百四十若在他器則分度之數不同設試數爲二千三百二十則所試物之電氣爲正而其能力爲三百七十

試時地數不可改如見有改則必取前後二數之中數爲準

試時可暫相連或恆相連如恆相連當用小金類絲幸通過午孔則無壞器之險若用粗者恐致壞器也

試空氣之電氣可將綫燒之自來火連於幸或用滴水之法

唐生測電氣器在一器能測得二數而二數可相比又用一來頓瓶可多容電氣而不通地則所指之數甚細易分電氣之正負

兩平面平行而各容電氣某數則彼此相引之力與所容電氣數有比故器所指之各數彼此相比能指電氣力之數

唐生於咸豐七年著書云兩平面平行而相距小於其面徑設爲甲其電氣力之較恆爲亥則每面積一元之力等於 $\frac{甲}{八平}$ 若內有兩圓板平行徑大於相距而相距可加大或減小以一髮指其數每得二板間之力等於若干元則指數之法恆在一處但其元在各器不同故有微分螺絲能顯二平面在一處力之較一平面恆爲圓高其遠等之能力亥未知弟二板名爲試板連於所欲之體所試之事不將任體之電氣能力與地球之電氣能力相比試法如下將試板先通地移至與相與相對面板之相距爲甲而得指數髮在二點之中再將板連於所欲試之體而移甲相距令其二而之力同前觀指數髮至二點之中即知其力相等加天爲所試之物電氣能力則得 $\frac{甲}{人學}$ 一 $\frac{甲}{人學}$ 所以 $\frac{甲}{天}$ 一 $\frac{甲}{人學}$

而甲亥爲常數

因甲或加或減則亥亦以等比例或加或減可知各器內所試體之能力等於一常數與二平面相距之較相乘

亥爲來頓瓶之能力從式內可知所指之數與來頓瓶所容電氣數之相關又指二板間所容之電氣數愈多則所現之能力愈多此力使針偏動能指板容多電氣之數甚詳板連於來頓瓶則電氣數多而稍有減去體之能力不逆改板不連於之來頓瓶則能力遠減小而甲與甲較之正負不能指所試體之能力

攷知海底電報繩傷處 第二百四十二節 第二百四十三節

海底電報繩之傷可分五種銅絲斷壞而所包之象皮不傾電氣不能散一也銅絲與象皮皆斷銅絲端有長之面與水相遇二也銅絲與象皮皆斷銅絲僅有短面與水相

遇三也有鐵釘橫貫致外銅絲與內銅絲相連而散電氣四也象皮有孔致水遇銅絲而電氣能散五也

有第一種傷則電氣不能傳欲攷其斷處有二法焉一法先測繩每海里之長所能積之電氣數（見第二百三十六節）則測得電氣之全數能知斷處與所測之端相距之海里數測電報繩所能積之電氣數愈密則得相距之數亦益準用回光鏡測電氣器定力（見第一百四十節）測電報繩每海里之長其吸鐵針之偏為寸之小分數則電報繩放電氣數為百之小分數能知斷處之相距約為十里二法測象皮之阻力而知之已知每海里之長阻力之數為百萬今測得其阻力為一千則知傷處相距為一千海里因阻力小至一千故相比而得不傷之象皮為長一千海里

有第二種傷亦電氣不能傳故測銅絲之阻力能知其傷處與所測之端之相距已知每海里之阻力而測得之阻力為此五百倍即知傷處相距五百海里地質之阻力不計英國之人能知大西洋電報繩傷處之相距及其傷之何如

有第三種傷電氣亦難有時阻力倍大於全繩之阻力為或大或小而不定故試阻力數能知傷處不在所得極小阻力數之外

有第四種傷與第二種傷略同惟電氣散於內更多而不甚難傳而現之力亦大不似銅與鐵以海水分隔所現之外力

有第五種傷電氣所散不多而不甚難傳甚易攷得其處在一端令電氣不傳則又一端可測電氣之阻力與第三種傷相同可以攷得其傷處之相距若其傷處一端之阻力為常數而得味與未二阻力數又連至地時而在乙端斷其電氣則得二式式內傷處之阻力為未知數消去此數則得式為

$$\text{甲}\ \text{阻力}\ \text{甲}\ \text{式內丁為電報繩傷處與測端間之阻力}$$

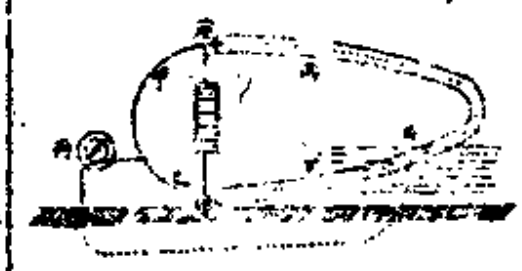
吐為全銅絲二端間之阻力如連試二端而令他端之電氣不散亦得二式如以為傷之阻力不改則能定傷處之相距設味與味為二阻力數則得

$$\text{丁}\ \text{為測端與傷處間}$$

銅絲之阻力如另有不散電氣之銅絲可代地球則有全電氣路易知傷處之相距法利用較數顯電氣器（見第一百四十四節）求銅絲二端所傳過之電氣數與傷處所傳出之電氣數相等必顯器之阻力與全路之阻力相同欲其阻力相同則加阻力圈於顯器之銅絲圈與有傷處銅絲之間令顯器之針回至○度所有之阻力必等傷處與原處阻力

之二用韋思敦之電氣稱（見第一百十節）可得試法如第三百九十三圖辰爲傷處爲顯電氣銅絲之一分則雖傷處阻力變改所得之數亦不改必令顯電氣器或多偏或少偏至相定但全電報銅絲及各件阻力之比不變而恆在○庚試法將甲乙銅絲相配之至無偏差則必在乙甲等於丙丁之處其丙與丁爲銅絲之阻力而能將寅與斷處分隔又將卯與斷處分隔

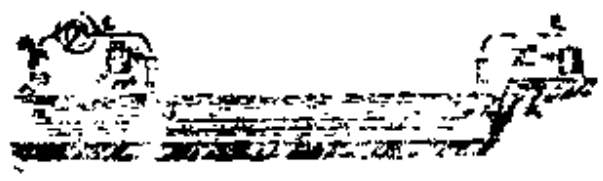
第三百九十三圖



設已知電氣之全阻力則由此式可知斷處之相距

固辣葛人末利在尼阿格辣船上放電報繩之時初用此法嗣後泰根自行設法與此暗合用致極小之傷且可用於絕小之電報繩

第三百九十四圖



唐生與泰根合設一法可攷傷處如第三百九十四圖庚爲顯電氣器申爲遠處測電氣器甲乙爲電報繩遠處之端不通地近處之端連發電氣器丙人令丙爲電氣器所指之電氣數亥爲遠處之電氣力乙爲繩之長巳爲銅絲每長一元之阻力卯爲包銅絲之象皮等料每長一元之阻力

令卯子甲爲巳知之數其元可任意定之惟必合於理

令虛爲電報斷處與顯電氣器之相距則

$$\text{虛} = \frac{\text{子卯}}{\text{子甲}} \cdot \frac{\text{乙丙}}{\text{乙丁}}$$

而

$$\text{虛} = \frac{\text{子卯}}{\text{子甲}} \cdot \frac{\text{乙丙}}{\text{乙丁}}$$

又

右法繁雜平常管電報者不常用然他法不能求得其傷處者必用此法則請算學家推之必可得也船上放電報繩於水內用此法最便船上用顯電氣器庚爲試散電報數之第一法用測電氣器申爲第二法用測電氣器申爲第三法可自陸地傳信至船上而申與庚仍可試散電氣數因繩有進出不能感動此器也若發電氣器之力或加或減則電氣或放或收船搖動或地內流動之電氣此測電氣器不能覺甚妙於顯電氣器也

論電氣時辰鐘及諸雜法

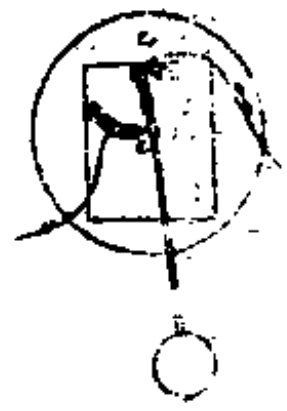
英國 傅蘭雅 口譯
無錫 徐建寅 筆述

電氣時辰鐘

第二百四十四節

尋常電氣時辰鐘正面之式如第三百九十五圖丙爲象牙板連于架中嵌黃銅片連于發電氣器之正極擺上連于負極擺桿中連甚小之黃銅簧如已擺動至左則簧之一端切于黃銅片電氣即傳擺動至右則簧切於象牙板

第三百九十五圖



電氣即斷欲作多時辰針面可同用此一擺以銅絲相連則各能同動惟必多加發電氣器耳

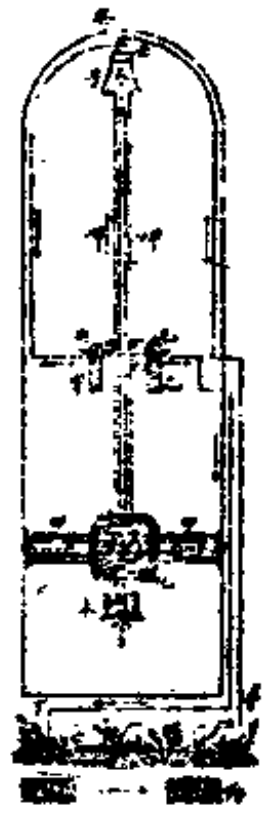
背面之式如第三百九十六圖甲爲電氣吸鐵條乙爲銜鐵上連簧而定於架丙爲小螺絲制銜鐵與吸鐵條之相距銜鐵下端有小桿如下端有鉤以鉤闌輪如戊下簧闌使闌輪不退如已電氣傳過則吸鐵引銜鐵向前而將鉤過闌輪之一齒電氣一斷則上簧推銜鐵向後而鉤轉闌輪之一齒闌輪之軸端套秒針則每轉一齒針進一秒軸中有小輪接動大輪大輪軸端

第三百九十六圖

套刻針欲連動多時辰面之針則用象牙鑲嵌金類釘釘數與欲動之鐘數等固定於秒針軸之外秒針軸連金類小簧簧端切於象牙圈發電氣器正極連于鐘架秒針每過圈上之一金類釘則一鐘之電氣能傳秒針每分時一轉則各鐘皆傳電氣一次而其刻針轉前一分如此則各鐘更番前動而所動者僅一鐘故電氣力可省

道光二十一年春英國格致會有倍納之電氣時辰鐘其擺之式如第三百九十七圖擺梗用木而挂於金類板如幸金類板連于木板加呷呷擺用銅絲圈爲錘如吃外餘銅殼外銅絲之端連于擺梗頂之二簧如壬子二簧即以挂擺且以傳電氣至下錘卯卯爲二黃銅管連于擺錘之外甲

第三百九十七圖



乙丙已庚爲傳電氣之器人爲鋅板丙爲紅銅板皆埋于地內用多木炭或枯煤代紅銅皆可其二板或埋於房中藏煤處之泥內或天井中石板之下或他便當之處皆可惟至少必深三尺以遇濕泥土爲要相距必過四尺丁與丁爲連鋅與銅至擺之銅絲外包象皮或他物使電氣不散則傳能遠其銅絲丁連于鋅板用鋅金連之銅絲丁連

于炭先以鉑絲銲於銅絲而鉑絲再連至炭尤必極慎若銅絲遇炭則消壞

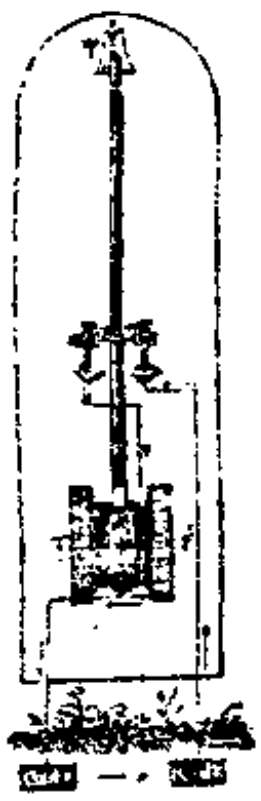
又法將炭一塊作小孔將鉑絲安于孔再用炭爲塞塞緊之使鉑絲不出如用紅銅板則用銅銲連傳斷電氣之法用銅二片連于架之後面如甲乙又用木條或象牙條連于銅片如丙而可移動其一端如巳連金一塊如第三百九十九圖巳上面作淺槽與銅片乙相切又一端庚連碼磁與金俱作半球形碼磁外包金圈白處爲金黑處爲碼磁面亦作淺槽與巳處之槽相同碼磁槽內嵌以金與外平金與甲銅板相切由金半球形可傳電氣至遠處之鐘巳庚爲彎桿兩端切于球外之槽內而移動未爲准擺之重物乙爲銅絲圈卯卯爲二恒吸鐵條距銅絲圈足擺之搖動子賓以銅絲連于炭巳庚桿若切碼磁內之金則電氣能傳設電氣自地內之鋅板過濕土而至炭板過丁線順箭向至癸賓循一銅絲下至銅絲圈再循上銅絲上至壬賓卽由銅絲至傳斷之甲條過碼磁之金至庚點而過庚巳桿至傳斷之乙條而由丁銅絲至鋅板

第三百九十九圖

電氣傳時吃銅絲圈內鐵條成吸鐵性而有成南北極北極向右南極向左而卯卯二恒吸鐵之北極皆向內故左吸鐵之北極必引圈之南極右吸鐵之北極必推圈之北極擺必往左至庚巳之桿其端離開金塞電氣卽斷而銅絲圈無吸鐵力卽不推引擺能往右至庚巳桿之端相切金塞電氣又傳初動之時人手將擺移右至庚巳桿切金塞卽放則受吸鐵力而能往復如前每往復一次力卽加大而路加長至庚巳桿之金塞幾分切于碼磁面則電氣不傳而擺不再過卽以本重而回動至往復之路小至限而再傳電故電氣力雖有大小擺行之弧必恒相同惟電氣力不足則不能動而傳斷之庚巳桿能愈在擺之下則擺能愈準擺能自管搖動之弧而不另加阻力亦無繁難法之巧也時辰鐘其大者則左右二邊必皆加力以動擺當另用調換電氣器而仍用自管動弧之大小器

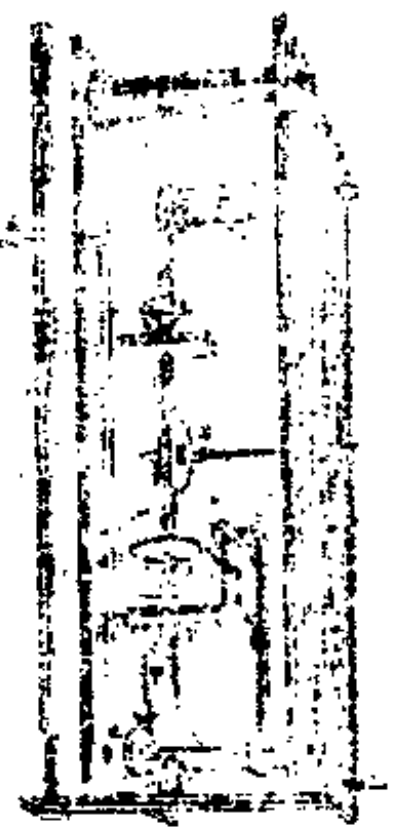
電氣時辰鐘之又式如第三百九十八圖亦通于地擺以恒吸鐵爲鍾而銅絲圈定于架與前相異乙爲擺桿用單鋼簧連于甲架丙爲二半圓之鋼吸鐵北極向左南極向右丁丁爲二銅絲圈定于架背銅絲圈之中孔可容恒吸鐵搖動而不相碍架上傳斷之法與前者相同相連之各件用

第三百九十八圖

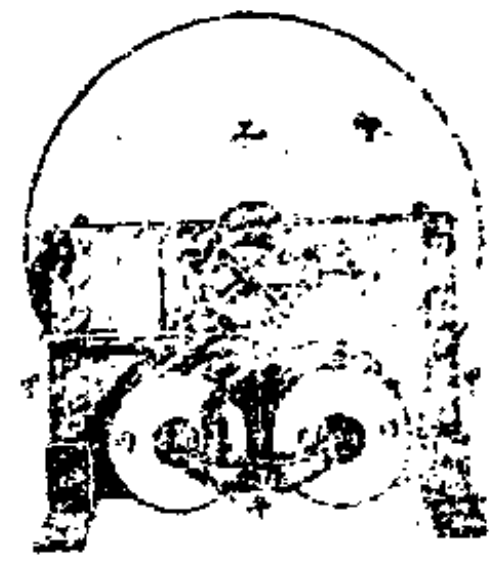


黃銅帽蓋之以阻泥土之入內傳電氣若銅絲圈丁力能恆吸鐵之在極而銅絲圈丁維擺恆吸鐵之兩極擺即向左電氣即斷擺以本重而回至之右邊如此恆自往復此種電氣擺無面阻力而不消磨每二動加極大電氣力一次常法則每五動加電氣力一次其庚巳移動之極面阻力亦極小也管亦加常法起落其擺之錘

指時之針所用之各輪如第四百圖之內僅二輪甲甲為架板上有桿以挂擺內為擺之上節擺挂于丁點巳為連擺之關戊為其軸有辛桿以壬鈎連于辛能鈎輪齒使關輪齒轉過子與丑為橫架以託關輪軸軸有螺絲以接寅輪其軸伸出於前面

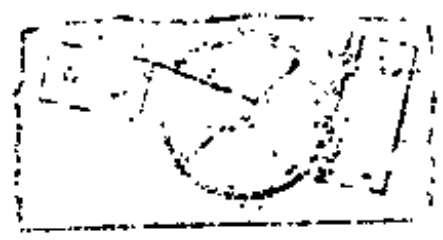


擺動向左推動庚釘而辛桿之壬鈎亦向左而鈎關輪之齒轉過擺動往右則庚釘隨之往右每往復一次即鈎轉一輪齒擺亦傳電氣至他鐘一次無論路之遠無有阻力亦無橫度之鐘而本處之擺與遠處之擺即傳電氣力此以電氣於遠近二處互相為用故電氣無不現力之時也



第四百一圖

相連之鐘之各動作相接四百一圖甲為作擺之鐘銅絲圈丁結圈丁為半圓鋼吸鐵前後各一處桿連于軸相對其極在圈絲圈可移動而無阻極各相對者相對銅絲圈連于遠處之鐘而以遠處傳電氣則丁吸鐵必依遠處之擺而動針之法巳為小撥與吸鐵同軸端有小鈎庚能動辛關輪之齒關輪如辛有螺絲能動齒輪如第四百二圖齒輪軸通過甲甲架板而動針丑為直鋼簧阻關輪之不退回子為軸之架乙圈為鐘面



第四百二圖

韋思敦電氣鐘道光二十年十一月二十五日初衍平樓物會其放力之器不為常而鐘外有面又外有針面內有

齒輪自秒針之軸傳其動至時針之軸與常式時辰表相同電氣吸鐵器其秒針軸之輪以小電氣吸鐵條動之電氣每一傳斷則使齒輪轉進六十分周之一原鐘放力輪之軸連黃銅圓板板周分為三十等分每分之間嵌木塊以螺絲連黃銅簧于象牙或壓木與金類各件不相連簧端切于圓板之周簧連紅銅絲至電氣吸鐵銅絲之端另有銅絲連于鐘架而至電氣吸鐵銅絲之他端用恆力化電氣小器件數不多尺寸亦小連于電氣路之任何處銅簧迭更一秒切于銅一秒切于木

久臬司電氣錄與常式者不同常式者或以電氣力運動或以電氣力制動故或發電氣器壞或傳電氣銅絲壞則鐘必停因致不多用以電氣動時辰鐘也同治元年博物會內久臬司之電氣鐘則以電氣傳過擺上之銅絲圈而由主鐘管理多他鐘之擺擺之一邊或二邊有恆吸鐵條能於電氣傳過銅絲圈時令擺與恆吸鐵之方向合式擺至弧端若太遲恆吸鐵即引之而使速若太早則推之而使遲其擺所欲得之電氣力極小主鐘所發之電氣力雖有大小不定亦無妨害故擺每次之差極微蓋此鐘之用電氣僅制其擺行之差而不賴其使擺行動故電氣雖偶斷鐘仍能行走也

凡無專藉電氣力之各病而有一極精之鐘則請求祖之鐘皆可指時極准凡家內有多鐘者加此法最宜

步留果亥電氣鐘用電氣制各鐘之遲速每十二小時內使各鐘齊對一次或二次有一副齒輪與二小凸輪在分針凸處之二邊於分針至未初之時則電氣吸鐵器放其齒輪轉動而使二凸輪轉一周分針若太遲則推之向前如太早則推之向後而改正矣若是簡便無主鐘擺相切之處斷壞而不準之病也

失巳特電氣吸鐵鐘咸豐元年博物院內有之其每來往一次電氣即成吸鐵力及無吸鐵力各一次每成吸鐵力即吸銜鐵而銜鐵起動連桿連桿起動挂重桿有鈎使不放每無吸鐵力即放銜鐵其鈎即放挂重桿落下遇擺而一擊擺受此擊則動一次而電氣再傳再斷則又擊如前又擊擺一次此擺自能傳斷其電氣又同時能傳斷第二發電氣器之電氣第二發電氣器運動他鐘能迭更引推其吸鐵條之軸上連以擺閘每秒時擺閘移進一齒閘輪之軸有小輪而動他輪

打時之輪亦以電氣於每小時之初電氣乃傳使成吸鐵氣動相連之桿打時之閘輪每二秒進一齒每進一齒電氣吸鐵鐘打一下下有鈎桿移于記時輪之周每次打畢

鈎即下于輪周凹內電氣即斷再至當打時則小時輪上之釘推動打時裝而電氣再傳復打如前

同治元年博物院中有撒克生尼人苦孫所造之鐘用電氣轉動而維心力轉擺制其轉速太速電氣自斷轉擺能顯轉速之微差其二球之離心力用簧制之而不藉地心力簧製甚精速微大于所定之數則軸偏已多故各齒輪之轉動必甚平惟相切之各點傳過大力電氣故常有生銹之病

博物院內又有舊式電氣鐘數種其電氣皆由主鐘希白新設之電氣鐘其電氣力恆相等較前諸法之力不相等者稍而更宜有二電氣吸鐵二而一衝鐵動鐘之針一衝鐵能加減發電氣器之阻力令恆平勻

主鐘以平時傳斷電氣發電氣器與二電氣吸鐵相連一電氣吸鐵動第二鐘之輪第二鐘之電氣吸鐵器之衝鐵有二相連之簧能拉之離開吸鐵器此二簧之位置如傳過之電氣太小則衝鐵不動其二簧如電氣恰合則衝鐵受之吸力能勝一簧之力而衝鐵引至半路如電氣力太大則衝鐵引至吸鐵器相近而勝二簧之力齒輪之位置得一針為齒輪所轉動第二電氣吸鐵器之衝鐵在最遠處時則為第一電氣吸鐵器所推衝鐵在第二處則不動衝鐵在三處則退後其針動之時能依其動之方向遲阻力因于路內或在外使電氣或減或增至所應當之力

電氣測微時表第二百四十五節

測礮彈槍彈之速必須此器用銅絲二條曲折于二架之內而成二屏立于礮前彈路之內二屏之銅絲各連於發電氣器又連于已知行速之擺彈擊穿屏銅絲即斷電氣亦斷即在擺內作一識華思敦所設也

二電氣路不必在各處不連第一屏之電氣斷時可用一電氣吸鐵器令電氣傳過第二屏並第一電氣路之一分依此簡便之法礮彈斷其二銅絲能發二記號但記二記號間之微時不易二次間之時必依連動之物而測之最難得此法鐘表之齒輪止能得一迭更之動法亦無用磨力之同輪能得平勻又有難處電氣吸鐵力之現必稍有間時因電氣吸鐵器之軟鐵性俱不定而常改故不能定一數為現力所費之時每次用此器試之一切之事若可相同則電氣吸鐵器現力所費之時能相同然不能如此也

有一種測微時表名為那非斯擺在英國等多用之同治元年博物院內查斯已存此器

用三件而成一為擺器與相屬之各件二為斷電氣路過

若干時能得相切三同時斷二電氣路之器其第二與第三兩件可爲之傳電氣與斷電氣器

擺有時有二電氣吸鐵器一在搖動路之一邊能引擺錘之一小塊軟鐵二停住一甚輕之鋁針此針之心在擺軸之心上而依于一簧之面阻力在擺搖動至有電氣傳第二電氣吸鐵器之時即停鋁針其停法引一鐵領連于其空軸上但擺任意能傳動針之端有一物逆可觀擺自起動至針停時所行過之弧故第一電氣路斷則擺與錘同時起動第二電氣路絕則成一電氣路因此針即停觀針停之時即知其微時易知擺過各大小弧之速能試而得之

測微時器測礮彈之速與別法俱藉斷二銅絲間之時但那非司器則非直測量其最近之銅絲屏成電氣路之一分內有吸擺之電氣吸鐵器遠之銅絲屏非直連于擺相屬之電氣吸鐵器而連于斷電氣器之電氣吸鐵此電氣吸鐵上有銜鐵斷電氣路即落下落下之時遇一簧簧之一端有相切之點此點相近處有一點水銀在小杯內銜鐵落則水銀與簧相切而擺之第二電氣吸鐵器成電氣路擺上之針即停所以礮彈過第一屏即斷第一電氣路而使擺起動後過第二屏即斷第二電氣路而使銜落下成第三電氣路使擺上之針停測擺起時至針停時之弧即略得彈斷二電氣路間之時此時依數事一電氣吸鐵失吸鐵氣所費之時二斷電氣器之電氣吸鐵器失吸鐵氣所費之時三銜鐵落下所費之時四擺上第二吸鐵器能吸鐵力能阻針所費之時五兩屏之間彈行之時前四事有數可求則自此四數可得第五數必另試其斷電氣器法將二銅絲之屏相切而同時斷之則一切之時與試放彈時相同惟斷二電氣路間之時不同觀擺行之弧至針停之時令此弧爲乙前放礮時行之弧爲甲則甲內減乙爲彈自第一屏至第二屏之實時弧推算秒數之工夫易明此不詳

測微時器有大用人多用之然能否極准亦尚難信因其擺行若干分費之時不問空氣之阻力並本器之面阻力又難觀准搖動一次之小分數各事電氣吸鐵試二次總不能正相同此法止少必用三電氣吸鐵器又常得斷電氣器未必能在同時能斷二電氣路動針之面阻力亦可爲大小則擺起動之時針非立刻隨之而動或面阻力太大電氣已斷針仍隨擺行過若干度之弧雖有此各病但亦好用之因此別法簡便也泰更意爲如能不用電氣吸鐵器並得斷電氣器用附電氣之火星或顯電氣器之針

記其時則更靈動

同治元年博物院有測微時之器用附電氣光星在原電氣線斷之時而現此器分數件法國京都人哈待所造一有定黃銅管周一枚外用紙一條包緊二有一把柄用鋼爲之端有鉑尖能繞成一圈近于黃銅管紙上之面與管同心此桿有時辰表之發條與齒輪動之三有擺繞管引長之軸而轉爲桿所動此擺能令動之齒輪動得平勻四有附電氣圈內有原電氣線與附電氣線附電氣線之一端連于桿規一端連于黃銅管原電氣線連于一屏此屏爲把銅絲曲折于屏甚密銅絲有電氣傳過彈斷銅絲時附電氣線立刻有火星火星過紙燒一小孔如用多電氣吸鐵器則能有多原電氣線過多屏而彈每過一屏而可成一火星其第一原線斷其第二原線立通每原線斷而至下原線通不過二百分秒之一

此器在博物院各奇器之簿內記之甚詳其工甚巧甚輕不特可測彈行之速又能測極微時各事

電氣記時器 第二百四十六節

同治元年英國博物院有丹國所造之器能記各事歷時極詳之數亦藉電氣之妙用

用轉柱外包黑紙連於時辰表而轉動時辰表用圓錐形儀而轉動平勻又有二桿其端有金鋼石壓柱而刮其黑面使露白色其桿有一器能漸移動動之方向與柱之軸平行故成螺絲線而螺距各處相等此二桿亦能令金鋼石上下動動之之法用二電氣吸鐵器之銜鐵一電氣吸鐵器有准時辰表傳斷電氣則所成之線如亟觀此線則切或斷可分極詳其第二電氣吸鐵器觀之人用一按柄動之按柄放出一小頭觀此頭在柱面之處可知通斷線上在何處此各件雖甚善不爲新法惟依准時辰表擺而觀相切之時則甚巧如新法也又有二个直立之玻璃管在管之下端皆作短橫管此二管之口甚相近相對其二大管內盛水銀其水銀流下遇橫曲處至二管相對之口因其口甚相近則二管之水銀能相連而不漏因微絲管吸力也（即緣附力）擺上有極薄之雲母石一層擺每動一次雲母石片過二管口之中分隔令電氣不能傳但擺行回則二邊之水銀再相遇電氣能傳此傳斷電氣之法最巧妙其水銀不散開而其相切最准其面阻力極微或言每次發電氣星成汞養爲雲母石下時帶出果如此則凡電氣鐘井顯電氣器之增電氣器皆可用此法傳斷電氣有益有一電氣記時之器合于天文之用如定星過子午線之時等事存于瑞士國電氣報器之公行有紙一條爲

一鐘所動鐘用挂重所動有風輪制其轉速風輪有一器能阻其行太速用鋼簧壓風輪軸紙條在二轉動之小圓板板並列而有壇爲輥輥墨其上此二圓板不用之時在紙面成二平行線又有二電氣吸鐵器連于托二圓板之桿其銜鐵能令其桿稍移動每移動一次則紙上所畫之線向上一小曲折鐘擺每秒時令電氣吸鐵器成電氣路一次所以在所畫之線上觀其秒界則可知時之數第二吸鐵器爲人按其柄成電氣路按柄一次則第二線上成一小曲折觀第二線之小曲折與第一線卽指秒線之小曲折卽知按柄時之秒數與小分數其秒線上之小曲折相距約一百分枚之一故易分得十分秒之一

電氣寒暑表 第二百四十七節

同治元年英國博物院有西門子與哈斯客造之器能定深水之熱度名爲電氣阻力寒暑表依金類熱度改變而電氣阻力亦改變之理爲之用外包象皮紅銅絲二條等徑等長各繞成螺絲圈各藏于紅銅殼內極密使空氣不入一放于欲試熱度之水內一放於桶水之內二圈之阻力若不同可將桶內之水或加冷或加熱至相同則桶內之水熱度必等于所試水之熱度其阻力用顯器測之而相連之處當用大銅絲

電氣自記寒暑表瑞士國人所造其理略與步留格里之金類寒暑表相同用鋼針刺孔于紙又用金類二條繞成螺絲形而連此鋼針其二金類條用黃銅與鋼銲連螺絲內端連於黃銅柱之上紙長約一百四十碼而甚闊二黃銅軸使漸轆開過鋼針之下一軸連于一闊輪其紙用一電氣吸鐵器與銜鐵在其面成記號有一長表在每若干時使電氣傳過吸鐵器有桿相連銜鐵電氣傳過則桿之一尖相入紙內成孔電氣斷則銜鐵上之鈎鈎闊輪之齒使前行一齒紙每前行千分枚之二合于一度百分表有一定之小輪在紙條之中成一直線看所成之點與此直線之相距則知當時之熱度

電氣試礮彈之把 第二百四十八節

電氣試礮彈之把素名可刱設把面分多分每分之間挂小球或小椎與把相切或與把面之釘相切把之每分與別處不相連各分各自連固彈擊其一分餘分皆不動鉛彈擊其一分則把後之椎忽離而電氣驟傳至放鉛處放鉛處有發電氣器並顯器各分後各有銅絲與顯器常用小紅銅絲外包軟象皮或硬象皮而各絲較成繩曾已試之評爲甚合用云

電氣測船行速器 第二百四十九節

西門子與哈司客拘造電氣測船行速器存于博物內能令齒輪逐齒轉動海內所放之器用馬西所造測船行速之器放於海內船前行而其器轉動轉至百次或多次則能令齒輪進一齒自船有象皮包之鋼絲一條連至封密不洩空氣之匣內匣內有一幅齒輪在某時中能使電氣傳一次每傳電氣一次則齒輪之針指前一分則不拘何時可知船行之速不必將海內之器收入觀看而知所行之路也

電氣停汽車器 第一百五十節

法國京都人名阿加得翔設停汽車之器法用車自有之重速積力阻車輪之轉動而非即用電氣力以阻車也各車輪軸上有凸輪凸輪能動一鈎鈎能鈎一齒輪齒輪動第二軸軸繞一鏈軸轉動之時鏈即繞上鏈端有阻力塊爲鍊引動遇車輪邊引緊則車輪不能轉此器所用電氣之處僅爲定鈎起動之時車欲前行可放此鍊其動鈎之法鈎連于桿之端桿之他端有一簧按之令桿切于軸上之凸輪軸轉動則簧令桿恒與凸輪之面相切如此使桿搖動則所鈎之齒輪必轉動桿之他端有軟鐵之銜相連則桿搖動之時在一電氣吸鐵器之極點來往但凸輪能推桿至最遠之限而此輪必勝吸鐵器之力但至凸輪低之時有電氣傳則簧力不足將銜鐵再移前故必存于最遠之點再不能動故鈎亦不動電氣吸鐵器有電氣傳過一次則可使其器不阻車放阻車器之法用第二副電氣吸鐵器其閘輪相連甚牢于繞練之軸而可爲之電氣吸鐵面阻力閘有多電氣吸鐵之平面極點俱連于軸上遇閘輪上圓鐵板之平面電氣傳過電氣吸鐵器時則與圓板粒吸甚牢用閘輪阻車之時則粒甚牢此第二電氣斷之時無力收起阻車之塊則其阻車之塊以其本重而離開車輪使軸練繞開如此得二路一可爲動鈎之路一爲動閘之路電氣過二路如斷第一路而斷之時不大則稍阻車若久斷電氣則阻力大至車停第二路暫傳電氣則阻力車之器不現力其二器不但一車可用而相連多車可公用或多車分數分每分內有若干車各有二路此器在法國已試過國中命人查之報云甚好凡用電氣爲此事之各器其病恐無有小于此器者動鈎之電氣若忽斷則立刻一切阻車之器能現力而車即停然第二電氣若斷而人不知至遇危險欲停車而車不速停依秦更之意如各車分數分每分各有二路則日日車多加或減去數車其連斷電氣線之工大如一路因事電氣不傳其危險甚大亦能誤事汽車之最要者立刻停車之器無誤

也故此器用電氣無論何巧恐不能通用

電氣自行添鍋爐水器第二百五十一節

同治元年博物院有阿加特初造電氣自行添鍋爐水器其法或放或收在衝鐵也衝鐵放之時有汽機恒動之二鈎內之一鈎動閘輪之一分此分閘輪能開添水塞門但電氣吸鐵器有電氣傳過之時則收衝鐵而第一鈎相離不用第二鈎能動則第二鈎動第二兩弧此閘弧開其添水塞門其塞非或全開或全閉其動之閘弧為在空處動其傳斷電氣之法有一浮表達于鍋爐外之傳斷電氣器不能有大危險因電氣雖有不傳電氣或傳之電氣太少而無力鍋爐必水過滿不致害人阿加特亦用第二衝鐵為本路電氣所動如電氣斷則打一鐘其打鐘之法汽機有一搖動之桿能接衝鐵汽機每動則鐘打一下電氣再專則衝鐵收上不為所接鐘即不打鍋爐內水太多太少有浮表使電氣斷則鐘打而管理之人知此事又凡得銅斷或發電氣之力小亦打其鐘

此電氣器行動與別器相同止有浮表定而不管隨水面上下則有誤事法國已用之有益

電氣指水高低器第二百五十二節

指水箱內水面高低之器法國人暮拉倫與非內二人所設用電氣路為浮表令電氣傳斷每若干時發電氣一次水高即發正電氣水低即發負電氣其正電氣動一跳步針向一方向每傳電氣一次即跳進一步傳負電氣即向對方向跳退一步收電氣之器甚簡用二電氣吸鐵器依西門子法為之一吸鐵器之衝鐵動閘輪向一方向他吸鐵器之衝動一同式之閘輪在木軸向對面之方向其二圈在一路內但其正電氣止能動一衝鐵負電氣止能動第二衝鐵凡對性之電氣過時衝鐵吸更牢而其擺閘不遇閘輪之齒有一小簧按閘輪使擺不相遇之時不能轉動

所言西門子電氣吸鐵器之造法將直電氣吸鐵器二條相連成平常彎電氣吸鐵器之式所連二吸鐵器之鐵切于一箇大力之鋼橫吸鐵器之一極點如為北極則所成之電氣彎吸鐵兩邊俱有北極兩邊之端間有一根軟鐵舌能在二端之中搖動而相切此舌為其鋼橫吸鐵器之對面極點彎過托柱可知舌之吸鐵極為二電氣吸鐵極之相反無論過何端俱能相吸若電氣吸鐵器有電氣傳過則一極點之力增大一極點之力減小故二邊吸舌之力不能相同必為一邊所吸而吸牢至電氣吸鐵之電氣換其正負而為對面之邊所吸

如配准其兩端與中舌之相距而令舌所移動之路小則器可甚靈動電氣報所用添所來電氣之力之器亦依此理

傳電氣之法繁重浮表上之時每升高若干寸即發正電氣一次每發電氣一次必高至三寸之後而能再發凡三寸之後再上三寸則電氣必為異性

電氣鐫板器 第二百五十三節

西國印花布花紙之印板以銅作管形其花紋俱可用電氣鐫刻之係法國人所刱設此法用電氣傳於電氣吸鐵以使鋼刀之尖與欲刻銅管之面或近或離銅管面鋪漆一層將花樣與銅管同轉動另器制二物轉速之比鋼刀之尖另能小搖而刮去管面之漆使成極細曲線刻成即將銅管浸于强水則漆為刮去之處即消去而成凹文能容顏料之稠漿而可印矣

電氣織布器 第二百五十四節

電氣織布器甚巧不用尋常之扣用一塊錫箔作所欲之花樣無花之處加漆使不傳電氣以大利國杜令之拖那利作此法

用金類板中作若干孔各孔有一鞲鞴金類板可當昔時多厚紙之法（鞲鞴塞住所不要用之各孔而機每動一次則所當開之孔鞲鞴為電氣收出而開

有金類梳每齒為包象皮之銅絲一條之端切于所備花樣之錫板凡得一齒遇錫箔之時則成電氣路但齒切漆之時則電氣斷每銅絲之路內有一電氣吸鐵器鞲鞴各用一小軟鐵板所作頭如鈕形黃銅所作各鞲鞴平闊于架之各孔內每吸鐵器對面有鞲鞴此架之位置能得各鞲鞴之頭過金類之孔而伸至外每一極點之徑比相配鞲鞴之頭稍大每鞲鞴正在相配極點之心相對架在此方位一切之軟鐵根與其一切相配之極點相切而其金類梳切錫箔之式

錫箔不上漆之處所相配電氣吸鐵器內之若干件能現力而引鞲鞴之根其餘者不能引架並鞲鞴離吸鐵器移開少許則所傳電氣而能有吸鐵力之器能吸鞲鞴而架在其外移動則鞲鞴頭通過板之後而其餘鞲鞴隨架動而離開吸鐵器其板稍向下動因此所在板前之鞲鞴俱留于其處不動因與極點不同心板子至此與平常所備之紙片相同因有數孔其餘俱塞住而其板在此各處平則機所有之鈎為此平面在一推之時所動此後移至原方位錫箔花樣移前少許而一切之事再如前一次

梳有數色而錫箔花樣分數分各色配一分所屬於一色

之各分相連

核每往復發電氣器遇其相配之錫箔面傳電氣每次板改變合鞲鞴之架每改一次其發電氣器之路有合式之傳斷電氣器斷電氣如此免得每動一次發電氣光星而壞錫箔花樣

電氣發力之新法 第二百五十五節

同治五年格致會有韋而特者作書論附吸鐵電氣之奇性數事其使電氣增力之法用極微之電氣昔時之法所不能顯者見一百七十二條能有吸鐵氣少許若稍大力之電氣則能成吸鐵氣極多用吸鐵氣少許又能發極有力之電氣

試之之器用黃銅空管與鐵空管名爲吸鐵管內徑一寸又八分寸之五管上能安多恒吸鐵條各恒吸鐵條重約一磅能挂重約十磅管內有銜鐵能轉動甚速銜鐵與管內相近而不相切銜鐵外繞不散電氣之紅銅絲長一百八十三尺徑〇.〇〇三寸銅絲之端連于傳電氣器止能迭更受一方向之電涙其直傳之電氣過切線顯電氣器之圍吸鐵管之吸鐵條若加多則銜鐵圈所發之電氣數略與吸鐵條之數有比

再試吸鐵管上之恒吸鐵條能挂重之力與收銜鐵所發電氣之電氣吸鐵力比用四恒吸鐵條安于吸鐵管上則能挂重四十磅再將恒吸鐵條與電氣吸鐵下相切而挂重物則能挂重一百七十八磅後用更大之電氣吸鐵能挂重一千〇八十磅爲四恒吸鐵條能挂重之二十七倍又試多加恒吸鐵條與收銜鐵所發電氣之電氣吸鐵力之較能加大至無窮

韋而特屢試各事知電氣吸鐵器能增電氣暨容電氣與包象皮之銅絲及來頓瓶相似而不同將吸鐵電氣器極之銅絲暫連于極大電氣吸鐵條而即斷之則二十五秒時之後電氣吸鐵條能發甚光之火星且電氣吸鐵器之銅絲圈暫能阻吸鐵電氣器電氣之傳行若吸鐵電氣之管上安四吸鐵條則十五秒時所發之電氣即能全濃力更大者則四秒時已能全濃

韋而特自所試而思得新理謂電氣吸鐵器爲吸鐵電氣傳過電氣吸鐵條而其所現之吸力大於吸鐵電氣器之吸力者因吸鐵電氣器恒發電氣或一次多發或連多次而少發依各種金類能增電氣及容電氣之性而鐵則此性最大所以有前之奇事也

韋而特既用小力恒吸鐵一條令電氣吸鐵有大力又思用小吸鐵電氣器傳電氣於大電氣吸鐵以顯多吸鐵力

用吸鐵管徑二寸半長十二寸半各管各配衝鐵衝鐵外繞銅絲長六十七尺徑〇·一五寸每吸鐵管連十六恒吸鐵器第二吸鐵管之邊連一電氣吸鐵器其電氣吸鐵器之造法用錫爐板之二長方塊外繞用包象皮之銅絲其吸鐵電氣器與電氣吸鐵器俱用法使其衝鐵轉極速每分時得二千五百轉吸鐵電氣器過第二十號之銅絲即〇·四寸則長三寸之銅絲能熱至紅但吸鐵之電氣過電氣吸鐵器則電氣力極大用同大之銅絲長八寸則熱至能鎔又長二十四寸之一條能熱至紅

後用徑五寸電氣吸鐵器用二寸半徑之吸鐵電氣器以電氣傳過則其自電氣吸鐵器之電氣能鎔十五號鐵絲即徑〇·七五寸之鐵絲長十五寸

葦而特見其加器之尺寸所得之力依比例而加大故另作一器吸鐵管徑十寸電氣吸鐵器重約三頓全器重四頓半器有二轉動之衝鐵一爲得濃一爲得數

得濃之衝鐵用第十三號銅絲所繞銅絲共用十三條各條徑一二五寸圈長三百七十六尺重二百三十二磅

其得數之衝鐵用銅片繞其外長六十七尺重三百四十四磅二衝鐵每分時轉動一千五百次動法用半固之闊皮帶

葦而特將前所用之徑一寸又八分寸之五之吸鐵電氣器其吸鐵管上安六恒吸鐵器電氣傳過前之徑五寸之電氣吸鐵器此器所發之電氣直過徑十寸之電氣吸鐵器則所得之力比前人所用一切之法得之力甚大其吸鐵之力極大用得數之鐵能鎔鐵條長十五寸徑四分寸之一又能鎔紅銅絲長十五寸徑〇·一二五寸

用得濃之衝鐵所發之電氣能化十六號鐵絲徑〇·六五寸長七尺爲氣又用長二十一尺之鐵絲能熱至紅

又試濃之衝鐵所能成之光極大原法如下

所借之電氣燈其炭桿半寸方立于極高房屋之上所得之光大至難以言語形容止能以所見之事明之路上之煤氣燈相距四分英里之一照于墻上之影內有煤氣火之影自四分英里之一之相距而觀此光與日光無異而將尋常照相之紙相距二尺而遇此光二十秒時其變黑與三月間清天上午時直過太陽光一分時相同

最奇者電氣之根源在六箇小恒吸鐵器其僅能挂重六十磅而吸鐵電氣所發之電氣不能燒紅極細極短設之鐵絲

成此多電氣所發之動力極大其大電氣吸鐵器能現之吸鐵力大至所用之極固之皮帶幾不能使轉動

附電氣器所發電氣之數 第二百五十六節

同治五年五月陸丙生致書於格致會其略云造附電氣圈者皆僅欲得長火星而已不計電氣之數也其濃常以能發四寸長之光星爲限欲其能此圈內銅絲恆繞二萬轉焉若再多加圈數則造費大電氣易散

陸丙生試知電氣數與銅絲之徑有比略至徑六十五分寸之一爲限多圈相連則濃或數之和皆不甚減小欲得大濃則正極與負極相連可得甚長之火星惟火星大則包銅絲之料易壞

欲得大數則各正極相連而各負極亦相連得各圈之和數而濃不大連多附電氣圈得大力將來考電氣各理有大用也

將附電氣器十件或十二件相連則每件必另有一發電氣焉而各負極當連於傳斷電氣之水銀如用正極則每放電氣一次即爆裂而水銀與蓋水銀之醇皆飛散

電氣鍍金

目錄

卷一　電鍍理法　七法　七理　七法條目
第一法即一金質一流質　申明第一法
第二法即兩金質一流質　申明第二法
第三法即兩流質一金質　申明第三法
第四法即兩金質兩流質　申明第四法
第五法即另用一流質　申明第五法
第六法　第七法
七法之總論　七理條目
金質與流質愛攝力之大小　愛力最宜不同
流質內和合之配質忌　配質愛力本質愛力
水之濃淡有定率　申明電學之理
電氣推吸有旋轉之路　電氣不可有隔斷之處
電氣通路之理　各金質引電之力有大小之次序
流質因電氣之故令所含之質分離
電氣釋名　上路下路二質　各原質以正負電分列次第
申明熱學之理　鍍流質與熱度有相關　光學之相關
申明重學之理　上下電路在流質內之形像與鍍金有相關
電路之形狀　化分化合之理　消化與化合亦有一定之分劑
電氣化分二質　電化分與算學相關　上下二路之大小並流質與金質絲
受鍍快慢
卷二　器具　電氣
鍋爐並零器　乾電氣器

涇電氣器　鬆質之器即漏箭　鋅板　銀片鍍鉑
鋅板鍍汞　銀片鍍鉑　水箱
鍍箱內安置之法　刷車　通電銅絲
浸洗物件之水　電器內強水　金質粘合之流質
作模之料　凹凸之模料　筆鉛燐漆傳電之料
各物受鍍厚薄不同　合製鍍水　鍍水宜忌
試驗鍍水　試驗數種金質相合之流質
卷三　各種流質
銻流質　銻錄與淡輕綠相和　銻質最易鍍成本色
鉍鹽類　鉍流質　鋅鹽類
鋅流質　鎳流質　錫鹽類
錫流質　錫鐵二質與電氣相關　鉛鹽類
鉛流質　鐵鹽類　鐵流質
鈷流質　鎳流質　銅鹽類
銅流質　黃銅流質　汞流質
銀鹽類　銀用浸鍍　銀用電鍍
銀流質　電器消化銀流質　白銅鍍銀
光明銀流質　鉀衰　鉀衰內之異質
試驗鉀衰之法　銀衰　金流質
金綠　金衰　金用浸鍍

金用電鍍　化合金養　電器消化流質
何爾奧處金水　匹克耳金水　非助金水
立里蒲耳金水　得布里耶金水　愛墨愛耳鍍肆之金水
鉑鹽類質　鈀流質
卷四　雜說
整理受鍍之物　鋅鐵銅洗淨之法　銅絲掛物
粘合金質　金質不粘　免鍍受鍍
作模之法　凹凸力之模　模殼引電
模面刷筆鉛　凹凸力質引電　燐模質
玻璃引電　浸物於鍍水　加減電氣之力
積力與積面之別　金質消長　鍍金質之性軟硬不同
大器物漸漸受鍍　電器用法　電器內之流質
流質內消長二物　兩物搬動之法　流質之熱度
流質不可遇光　通電銅絲　鍍銅流質
鍍銅之用　鍍銅法造成銅物　鉛字之銅板
達丐而法照成之相鍍銅　石膏物件並花果等鍍銅　布上鍍銅
反用鍍法作銅板　用模之法刻銅板　銀流質之用法
鍍金之變事　受鍍明光之銀流質　鉀衰加於銀流質
乾淨渡銀之物　消脫銀銅　試驗銀質
鍍金流質之用法　鍍金顏色之改變　依化學之法收取金銀

用盡鏹力之流質收取金銀之法　乾法收銀
乾法收金　涇法收金
增論分取金銀之法

布國　金楷理　口譯
無錫　徐華封　筆述

電鍍理法

是書原意專論理法故於一切無關切之言概不贅入惟此電鍍金類之事理先而法後苟明其理則可循理而用法茲故先詳其理而後備其法蓋理詳而法不備其理亦虛設而難憑知其法而理不明其法且蒙昧而無證所以先將化學電學之與此相關者詳述之次論各金類通用之法後再論每一金類專用之法學者宜將小器試驗之由粗淺而得其精奧始爲工夫之要猶之種樹者之正其本治水者之窮其源也故是書以何者能成以何者不能成爲要訣首列七法七理爲綱領以該全書之旨

七法

其一用一種金質與一種流質　其二用兩種金質與一種流質　其三用一種金質與兩種流質　其四用兩種金質兩種流質　其五用第二三四各法相合並另用一種流質　其六用別法與一種流質　其七將上各法相合

七理

其一與化學相關　其二與電學相關　其三與熱學相關　其四與重學相關　其五與幾何之學相關　其六事之次序　其七質之本性

學者須將以上七事試驗之細察鍍成之物與鍍不成之物而以七理證之則自能明鍍成之物必有其理即鍍不成之物亦必有理也

此事之用各有成法茲詳列之　各種水合於各金類每一流質如何用法　電氣之源應用何種　電氣如何造法　或用大力電器或用小力電器　如何作法可鍍厚鍍薄　金類之質粘連與否　用數質借別種式樣造一物而鍍此金　受鍍之物不傳電氣設法令傳　用相合之金類或銻或鉍或鋅或鎘或錫或鉛或鉀或鈉或銅或黃銅或日耳曼銀即白銅或金銀鉑等質鍍於別質　鉀衰之造法　流質變壞用法令其金質分出

七法條目

一用一種流質一種金質如第一圖將一種金浸在流質中此水已消欲鍍之金質在內如其熱度合宜則水中之金類能鍍於浸在水中之金質

第一圖

設將淨鐵條浸在銅養硫養水中則水中之銅鍍於鐵條之上若將銀條浸此水中即不鍍銅　二用

二種金質二種流質如第二圖兩金相連甲爲銀乙爲鐵同浸於銅養硫養水中兩爲玻璃盃則鐵與銀俱可鍍銅若以銀條與金條或與白金條相連而浸於水中即不鍍銅此與但用銀條

第二圖

第三圖

第四圖

者同 三用一種金質兩種流質如第三圖第四圖丁戊爲兩流質但不可相和宜如第三圖分隔之法如已其分隔或用薄木板或用無釉之瓦器其意欲令兩種流質雖隔而仍有細孔相通其一種金質或曲之而插於兩種水中或各插一條而在兩條之上端相連如第三圖或如第四圖用一深窄之器以重流質先盛於底次將輕流質傾於上面而不令相合如先盛銅養硫養水次將淡硫强水傾入遂將銅條浸其中則下端在銅養硫養水中者必鍍銅上端在淡硫强水中者必消銅若以白金條浸入則不受鍍亦不能消 四用兩金質兩流質如第五圖甲乙爲兩金質之條丁戊爲兩流質分隔如前法其一種金質在一種水內又一金則在別種水內相連之法有一絲如一面用淡硫强水內浸銅條一面爲銅養硫養水內浸銀條上端用銅絲相

第五圖

連則銅條消化而銀上鍍銅若以鉑條代銅條則不能消化而銀條亦不鍍銅 五可用前任一法將兩種金與又一種同類之金相連其相連之金在別種流質內如第六圖乙爲鐵丙爲銅甲爲銅養硫養水或乙爲鋅丙爲銀甲爲淡硫强水若以丁戊兩銅條浸在銅養硫養水內如已相連在丁戊兩銅絲則戊銅條與丙銀條相連者銅即消化丁銅條與乙鋅條相連者銅即受鍍若用鋅養硫養水與硫强水相合而盛於已盃之中以代銅養硫養其兩銅條以兩鉑條代之則白金不消化而銅上不鍍銅六用可鍍之流質與別種力如電器等相連鍍金之事無外乎此後將此逐節論之

第六圖

第一法即一金質一流質

銻綠消化於水則銻鋅錫鉛黃銅白銅浸此水中皆受鍍

銻鐵鎳紅銅銀金白金皆不受鍍

鉍綠水內浸鋅錫鉛鐵皆受鍍銻鉍銅黃銅白銅金白金皆不受鍍

鋅養硫養水或鋅綠水或鋅養淡養水或鋅養醋酸水則銻鉍鋅鉛鐵鎳銅黃銅白銅銀金白金皆不受鍍

錫綠水內浸鋅鉛皆受鍍銻鉍鐵錫鎳銅黃銅白銅銀金

白金皆不受鍍

二鉛養淡養水或鉛養淡養水或鉛養醋酸水鋅則受鍍

銻鉍錫鉛鐵銅黃銅白銅銀金白金皆不受鍍

鐵養硫養水盛於瓶內口用軟木塞水內浸鋅則受鍍銻

鉍錫鉛鐵鎳銅黃銅白銅銀金白金皆不受鍍

銅養硫養水內浸鋅錫鉛鐵皆受鍍銻鉍鎳銅銀金白金

皆不受鍍

銅綠水內浸鉍鋅錫鉛鐵皆受鍍銻鎳銅銀金白金皆不

受鍍

銅養消化於淡輕養水或銅養消化於淡輕綠水鋅則受

鍍銻鉍錫鉛鐵鎳銅銀金白金皆不受鍍

銅養淡養水內浸鋅錫鉛鐵皆受鍍銻鉍鎳銅銀金白金

皆不受鍍

汞鹽類水內鉀銻鉍鋅鎘錫鉛鐵銅黃銅或銀鋅銀錫銀

鉛銀銅相和之質皆受鍍

汞養淡養水內浸鉍鋅鎘鉛鐵銅皆受鍍水內再加硝強

水則又可鍍在銻上但金銀白金皆不受鍍若用汞養醋

酸水內浸鐵則可鍍汞

純銀消化之水內浸錳鉀銻鉍鋅鎘錫鉛鐵銅汞皆受鍍

銀養淡養水浸錳鉀銻鉍鋅錫鉛鐵鎳銅黃銅白銅皆受

鍍金銀白金皆不受鍍鉛與錫受鍍更速後依各質受鍍

之難易而論其次序如鎘鋅銅鉍銻鉀汞等銀養淡養消

化於酒醋則鉀銻鉍鋅錫皆受鍍惟鐵不受鍍銀養硫養

消化於水內銻鐵皆受鍍錫則受鍍更速惟鉍不受鍍銀

養淡養消化於醋或銀養硫養消化於水黃銅或銀鋅銀

錫銀鉛相合之質皆受鍍銀養與鉀養消化於水鋅鉛銅

皆受鍍黃銅白銅受鍍而稍慢銻鉍錫鐵鎳銀金白金皆

不受鍍金綠消化於酒醋平常之金類皆受鍍銀汞白金

鈀銻碲鉍鋅鎘鉛鐵鈷亦受鍍鉀則受鍍更速鍺鎢鉬鉻

皆不受鍍金衰並鉀衰消化於水鋅之受鍍甚速銅黃銅

白銅受鍍稍慢銻鉍錫鉛鎳銀金白金皆不受鍍

鉑綠水鉀銻碲鉍鋅鎘錫鉛鐵鈷鎳銅黃銅白銅汞銀皆

受鍍金與白金不受鍍

申明第一法

一用平常之熱度浸金質在流質中有時鍍有時不鍍

二浸同類之金質在流質內不能受鍍如以鋅浸於鋅養

硫養水銅浸於銅養硫養水則鋅不受鋅而銅不受銅或

以金浸於金綠水亦不受鍍　三賤金如鋅鎘錫鉛鐵之

面受鍍易若貴金如金與鉑之面受鍍難　四賤金如鋅

與鐵消化於水受鍍其質少貴金如銀與鉑消化於水受

鍍其質多　五歷考以上各事即知極大鍍金之力爲鋅六又可知一切受鍍之金質俱是甚薄　七間有所鍍之金質不似金而爲黑色粉此係鍍時太速之故

銅器鍍錫即用前第一法如第七圖浸於錫鹽類水並鉀養二果酸水而在火上沸之銅釘或銅鈕小件欲鍍薄銀可用銀水擦勻薄金亦用此法但不甚牢固

第七圖

第二法即兩金質一流質兩金質在上端相遇或在下端相遇或用銅絲相連銻綠水如第八圖甲爲銻乙爲鋅丙爲銻綠水即在鋅上鍍銻或將鉑與鋅相連浸於銻綠水中則鉑上亦鍍銻若將銻與白金相連浸於水中即不受鍍或將白金與銀相連浸於水中亦不鍍銻用鉍綠水浸以鋅與黃銅相連或銅錫相連或白銅與鐵相連則銅上俱鍍鉍若將黃銅與金相連或金銀相連或白銅與白金相連皆不鍍鉍

第八圖

鋅養硫養或鋅綠或鋅養淡養任一種水浸以銻鉍鋅錫鉛鐵鎳銅汞銀金鉑鈀此數質內任以何兩質相連皆不鍍鋅

錫綠水內浸銻錫銅或與鋅相連或與鉛相連皆可鍍錫若銻錫或錫銀或銅錫或金銅或鉑銅相連皆不鍍錫二鉛養淡養水浸以與鋅相連之錫或與鋅相連之銅或與鋅相連之黃銅皆可鍍鉛

鐵硫水內浸以與鋅相連之鉑可以鍍鐵若將鉑與銅連不能鍍鐵

鎳綠水二分淡輕養一分相和浸以與錫相連之銅則可鍍鎳若與銀相連不能鍍鎳

銅養硫養水浸以與鋅相連之黃銅與鐵相連之錫或與鐵連之白銅或與鐵相連之銀或與鐵相連之鉑皆可鍍銅若將銀與銻相連或鉑與黃銅相連皆不受鍍

銅養在淡輕養內消化浸以與鋅相連之鉑可鍍銅若銀與鐵相連不能鍍銅

汞養淡養水浸以與鋅或鐵相連之銀可鍍汞或鉑與銅連亦可鍍汞若鉑與銀連則不受鍍

銀養淡養水浸以與鋅相連之金可鍍銀若金與鉑相連不能鍍銀

鉑綠水內浸以鉑與鋅相連則受鍍若與金連則不受鍍

申明第二法

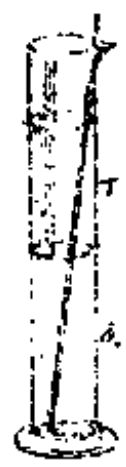
一有時能鍍有時不能鍍　二若將任一金類質浸於任一流質中不能受鍍雖加相連之質亦不能鍍如將鋅置

鋅水中則鋅不受鋅在此水中將別金與鋅相連別金亦不受鋅如銅與鋅相連置鋅養硫養水中銅不能受鋅或在錫綠水中浸以銅與錫連銅亦不能受錫或銅與錫或與金或與別金相連浸於前兩種水內皆不能鍍　三兩金質相連則一箇金能受鍍此因與別金質相連之故若不相連則不受鍍　四任何金質浸於任何流質以此金與別金相連可鍍別種金質若別金獨在流質中而無相連則不能鍍如鋅或錫或鐵浸於銅養硫養水中則鋅錫鐵皆能鍍銅若以鉑與金與銀任一質浸在此水中則不鍍銅再以鋅或錫或鐵任一質與金銀鉑任一質相連而浸此水中則可鍍銅　五賤金可用此法使別種金質鍍於別金惟鋅有極大之力若以貴金如金鉑等為相助則不及鋅之能　六貴金水中所鍍之金質數常能甚多賤金水則不能多鍍　七用此法而欲厚鍍必須多歷時刻又須多添水內之料

第三法即兩流質一金質

第九圖丁戊為兩流質已為分隔之物有微孔相通甲乙為金質相連以銅絲一浸在丁一浸在戊若不用分隔可用第

第九圖



第十圖

十圖之法已詳前第一節以丁為淡硝強水戊為銻綠水其金質為銻硝強水中之銻消化銻綠水中之銻受鍍且能甚厚

鉍綠水與輕綠水分隔左右則輕綠水中所浸之銻消化而鉍綠中所浸之銻鍍鉍

銅養硫養水與輕綠水分隔左右則相連之兩銻在銅水中者鍍銅

鉍綠與輕綠分隔左右則鉍上鍍鉍

不含鹼類之鋅綠與淡鹽強水分隔左右將鋅條彎作半圈而浸於左右兩水中歷十二小時則鋅上鍍鋅

用鋅養醋酸水與淡硫強水左右分隔則相連之鋅在強水中消化在鋅養醋酸中鍍鋅

銻綠水在左淡硫強水在右而浸以鐵則銻水中受鍍強水中消化

鋅養硫養水在一邊淡硫強水在一邊而浸以鐵俟十二小時亦不能鍍或一邊用淡硫強水一邊用銻養硫養水而浸以銻十二小時亦不鍍鐵

錫綠水在一邊淡鹽強水在一邊浸以錫則鍍錫

鋅養硫養水在一邊淡硫強水在一邊浸以錫歷十二小時而鍍錫

鉍養淡養在一邊淡硝强水在一邊浸以鉍俟十二小時即鍍鉍

鋅養硫養在一邊淡硝强水在一邊浸以銅俟十二小時尚不受鍍

銅養硫養水在一邊淡硫强水在一邊浸以黃銅或紅銅即可鍍銅或一邊用銅絲水一邊用淡鹽强水浸以紅銅亦可鍍銅

一邊用淡硫强水或淡硝强水一邊用銅養硫養水浸以銀歷十二小時不受鍍若一邊用鉀養水一邊用鉀養與銀養相合之水亦浸以銀即能受鍍

銅養淡養在一邊淡養與輕綠相合之水即合强水在一邊漬以白金不能鍍銅或一邊用合强水一邊用金養水浸以白金亦不鍍金或一邊用合强水一邊用鉑綠水浸以白金亦不鍍鉑

申明第三法

一有時鍍有時不鍍 二此與上二事稍有不同此可用同類質鍍之如鋅上鍍銀銀上鍍銅銅上鍍銅是也 三可用貴金鍍於賤金惟須流質合宜否則不受如用金或銀一端浸於濃鉀養水一端浸於銅養硫養水或銻綠水則鉀養內者消化而銅水或銻水內者鍍銅或鍍銻 四所鍍之一端俱精別一端之水 五賤金用此法其鍍力大於貴金 六水內所合之金質貴者鍍得多賤者鍍得少 七能厚鍍並能粘合甚固

第四法即兩金質兩流質

第十一圖甲乙爲兩金質丁戊爲兩流質丙爲相連之金質絲已爲分隔之絲物

第十一圖

甲爲銻浸在丁流質即銻綠水乙爲鋅浸在戊流質即淡硫强水丙爲相連之絲歷十二小時則銻上鍍銻淡鹽强水內浸錫鋅養硫養水內浸鋅則鋅上鍍鋅淡鹽强水內浸鐵銻綠水內浸銻十二小時之後鍍銻甚厚

淡硫强水浸銅鋅養硫養水浸鋅則鋅上鍍鋅

淡硫强水浸鋅銅養硫養水浸黃銅則黃銅上鍍銅

淡鹽强水浸鉍銻綠水浸銻歷二十四小時亦不受鍍

淡鹽强水浸鐵錫綠水浸錫歷十八小時亦不受鍍

淡鹽强水浸銅銻綠水浸銻不能受鍍淡鹽强水浸銅錫綠水浸錫亦不受鍍

申明第四法

一有時鍍有時不鍍 二金質與流質合宜則受鍍比前

各法更快　三受鍍之金質因與助鍍者相連故能受鍍

四濃强水內助鍍之賤金質其助鍍之力大於貴金

五貴金鍍物易於賤金　六此法能粘合而甚厚

前法亦可用分隔之盃只須一種硫質盛於漏筒一種流質盛於盃中漏筒即置此盃中如十三圖之式

第五法即另用一流質

第十二圖

除第一法之外有合用者三法　其一用一流質兩金質如第十二圖甲爲盃盛以淡硫强水或銅養硫養水乙爲鋅條丙爲銅條丙有戊銅絲相連乙有丁銅絲相連或即用此兩銅絲或另用兩銅條戊丁與此兩銅絲相連浸在銅養硫養水內已盃內之戊銅條即消化而丁銅條因與鋅條相連故能鍍銅　其二用一金質兩流質如第十三圖甲爲盃內置乙漏筒甲盃內有中立性之鋅養硫養水乙漏筒有淡硫强水此二水內各浸一鋅條每條相連有庚辛銅絲此銅絲之端浸於別盃內此盃盛銅養硫養水辛銅絲即消化庚銅絲即鍍銅　其三用兩金質兩流質亦如前圖若乙爲銅條丙爲銅養硫養水其別事與前同則壬盃內之鍍銅比前更快若改變之而鋅養

第十三圖

硫養水內加以鹽强水盛於壬盃內再以鉑絲代銅絲則鉑絲不消亦不鍍

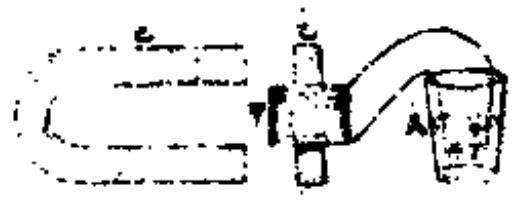
申明第五法

此與前第二第三第四法不同者因兩銅絲令金質相連而仍分開且其不連之兩端浸在另一流質內而兩銅絲一消化一受鍍然其本體並無能力皆藉別盃內之金質與流質

第六法

用彎吸鐵如第十四圖乙爲軟鐵條用長銅絲繞其中間此銅絲先用不傳電之物包之銅絲之丙丁二端浸於銅養硫養水中如戊其大力彎吸鐵如己若令吸鐵二極與鐵條之端幾次相遇每遇一次在將離之先取出一銅絲及第二次將遇之時即以浸下如此則一消化一受鍍

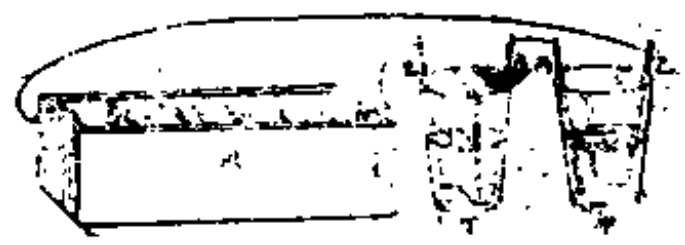
第十四圖



第七法

除第一法之外各法相連皆可用如十五圖甲爲盃丙爲銅條乙爲鋅條盃內有淡硫强水再有丁爲分隔之盃戊浸在淡硫强水已浸在銅養硫養水再有庚爲長箱內盛

第十五圖



不相通之流質爲銅養硫養水將彎銅條兩端左右分浸其銅條一端與已相連又一端與乙相連各有銅絲則銅條相間鍍銅惟甲面內之銅條不受鍍

七法之總論

一七法中俱有或鍍或不鍍 二平常之金類或貴或賤用前各法大抵皆可鍍 三鍍不鍍與強水並金質相關金類與強水相配之法亦相關與連接之法亦相關 四器具之大小流質之深淺金質之厚薄與鍍不鍍無相關 五以上各法之中必有不同類之事或金質不同類或流質不同類或金質與流質兩物皆不同類 六凡受鍍之事必有一個金質在流質中消化如第一法用鐵條浸於銅養硫養水中則鍍銅之時能消鐵幾分又如第二法用鐵銅兩金質浸於銅養硫養水則鐵消化而銅鍍銅又如第三法用淡硫強水浸銅銅養硫養水亦浸銅強水內之銅消化銅水內之銅受鍍又如第四法淡硫強水浸鋅銅養硫養水浸銅則鋅消化銅受鍍又如第五第六法用之水內金質消化其又一金質受鍍第七法並同 七第一第二法中受鍍之金質亦消化第三四五六七各法中受鍍者不消化 八除鹼屬金並金養水之外鋅之鍍力最大鉑則最小 九鋅之鍍力遜於別質但鍍得者有黑色 十各種平常金鹽類水賣金最易鍍賤金慢於貴金極難者爲鋅鹽類水此外更有五事 一若用數種金質必應相遇或用金線相連 二若用數種流質又必相通或用鬆質分隔或一種在下面一種在上面 三用數種金質並流質不但各物相連又必連成一周且相連之各點不可有別物阻礙 四凡用流質自本無鍍力所有之鍍力俱藉金絲相連之事 五相連之金絲其長短與鍍金無相關

七理條目

一爲化學之理如以淨鐵絲浸於汞養淡養水內則能鍍汞若浸於汞內則不受鍍此受鍍之事則在化學之中 二爲電學之理若將鐵與銅以金類絲相連而浸於銅養硫養水內則銅上鍍銅若以樹膠類相連則不受鍍因金類傳電而膠類不傳也 三爲熱學之理尚未攷明 四爲重學之理鐵浸於銅養硫養水內則鐵上鍍銅若浸白

金於此水則不受鍍其故因鐵消化而受鍍其銅鐵之質點一推一吸使然白金則無有推吸之理故不受鍍　五爲數學之理錫綠水內浸以炭兩塊兩炭相連用電器則炭上鍍錫若浸銅物於錫綠水亦與電器相連則不受鍍此因一質點綠一質點錫相配所以鍍若一質點錫二質點綠相配所以不鍍按法拉待所攷之理相配者有兩原質合成一物其各質以一相配則可徑令兩原質分開若一質點對兩質點則必用繞道之法分開茲言大略後將各理分言之

申明化學之理

受鍍之事其金水內應有鹽類即酸質與本質合成之物其酸質消化一金質而本質鍍在別金質此爲最要簡易之變化詳論如後

一用一金質一流質如淨鐵浸在汞養淡養水中鐵上鍍汞因有酸質與本質所以能鍍若浸在汞內但有本質而無酸質故不能鍍　二用二金質一流質如鋅與鉑相連而浸於汞養淡養水則鉑上鍍汞若二金質浸於水銀內則不受鍍亦即前理　三用一金質二流質如鬆質分隔之器一邊有濃鉀衰水一邊有汞養淡養水用彎白金條將兩端浸於兩邊則汞養淡養之一端受鍍若一邊用汞則不受鍍亦同前理　四兩金質兩流質亦用分隔之器一有淡硫強水一有汞養淡養水強水內浸鋅汞水內浸鉑相連以金絲則鉑上鍍汞若代汞養淡養以汞則不受鍍亦同前理　五用一流質而以兩金質相連如第十三圖之法或如第十四圖電氣之法若浸白金之兩端於汞養淡養水則白金線上鍍汞若代以水銀亦不受鍍

金質與流質愛攝力之大小

一將鉀一塊浸於任何流質內即現化合之大力若浸於土類之酸流質或木類之酸流質其化合之力尤大若浸於淡水內或在生物質之水內則化合之力稍小如將鉀一小塊浮於水面立即化合其水之輕養二氣分離生熱生氣而發火鉀在水面滾盪不定而消化養氣與鉀合成鉀養　二土類之酸質如硫養輕綠輕弗淡養等若浸以鋅亦發氣而現化合之大力其養氣與鋅化合而消化木類之酸質如草酸葡萄酸檸蒙酸蟻酸醋酸等若浸以鋅則化合之力較小鋅若浸於水中並不發氣亦不化合因是知鉀與流質之愛力甚於鋅與流質之愛力又知鉀鋅兩質與酸質之愛力大於與水之愛力鉀鋅二質與土類酸質之愛力大於與木類酸質之愛力　三鋅浸於淡酸質內或土類或木類酸質內即能消化而發輕氣若

爲銅惟有淡養酸質能消化因是知鋅與酸質之愛力大於銅與酸質之愛力　四金或鉑浸於土類木類之酸質內不能化合銅若浸於淡養內即有極快之化合若浸銅於別種强水中雖化合而不甚快因是知銅與酸質之愛力大於金鉑與酸質之愛力按金質與酸質所有之愛力其大小之次序爲鉀鋅銅金鉑又有輕衰與衰兩質與貴金化合之愛力大於與賤金化合之愛力惟養氣綠氣並尋常强水則與賤金之愛力大於與貴金之愛力所以鍍金之事多用衰類質

鉀爲鹼金鋅鎳錫鉛鐵鈷鎳銅爲賤金水銀銀金鉑鈀爲貴金此三類金質鹼金與酸質之愛力最大賤金次之貴金質爲最小故鉀浸於金水中則任何金質俱能鍍於鉀上鋅等賤金浸於此水中不及鉀之大力貴金則更小因知金質與酸質之愛力最大者其鍍力亦最大愛力小者鍍力亦最小

愛力最宜不同

消化之面並受鍍之面並流質內本質之愛力宜不同消化之面與酸質之愛力宜大於受鍍之面與酸質之愛力或水內金質與酸質之愛力　一用一金質一流質如鐵浸於銅養硫養水則鐵上鍍銅鉑浸於此水則不受鍍因鐵與硫養水之愛力大於銅與硫養之愛力故硫養消鐵而放銅鐵即鍍銅若白金與硫養之愛力不及銅與硫養之愛力故不放銅而鉑不受鍍　二用兩金質一流質如鐵與銅相連而浸在銅養硫養水則鐵銅兩質俱鍍銅若銅與鉑相連而浸此水內不能鍍銅蓋鐵與硫養之愛力大於銅與硫養之愛力故硫養與鐵化合而放銅於是有移動之力自鐵過水而至銅又自銅轉回所以水內之銅鍍於銅白金不鍍者因白金與銅鹽類之酸質其愛力小於鹽類內銅與酸質之愛力故無旋動而受鍍之事　三用一金質二流質若以彎銅一端浸在銅養硫養水內一端浸在硫養水內此二流質用鬆質分隔銅水之一端受鍍强水之一端與强水化合而消化因銅與强水之愛力大於銅與鹽類水之愛力故銅與强水化合能成移動之力而旋轉若將彎形之鉑或金代銅即不受鍍因與硫强水之愛力小於鹽類水內銅與酸質之愛力故不能使分離　四用兩金質兩流質如銀浸在濃鉀衰水內銅浸在銅鉀衰水內兩金以金質絲相連兩流質以鬆質分隔銀即消化而銅受鍍因鉀衰與銀之愛力大於銅與銅鉀衰之愛力故銀消化而成旋轉之路銅即鍍銅若代銀以鐵則不鍍蓋鉀衰與鐵之愛力亦小也所以不消化不旋轉

不受鍍　五月用一流質並相連之鍍力如銀兩塊與電氣之力相連浸在銀鹵並鉀鹵水內則一塊消化而一塊受鍍若代銀以鐵亦不消化亦不受鍍

凡月用鍍金之流質內浸兩金質而有別法相連則其愛力不同若金質與流質之愛力大則其大小不同之差數亦大若愛力小則大小不同之差數亦小第五事中流質與銀之愛力大故大小之差數亦大所以一銀消化一銀受銀若代以鐵則流質與鐵之愛力小而差數亦小故一不消化一不受鍍因是知受鍍之面與消化之面其愛力應有差數且消化之面必與酸質有大愛力否亦不能受鍍

凡兩金質與配質之愛力差數益大則其鍍力亦益大

一用一金質一流質如銀浸在金絲水內則銀漸受鍍若將鋅浸此水中受鍍更快其銀之受鍍慢而鋅快者因銀並水所含之金與配質之愛力差數小鋅並水所含之金與配質之愛力差數大　二用二金質一流質如鉑銅相連而浸於銀養淡養水則鉑上鍍銀甚慢若以鐵或鋅代銅則鉑之受鍍甚快因白金並鐵鋅與配質之愛力其差數大於銅並白金與配之愛力也又如鋅與鉑其浸於淡硫強水再與兩銅條相連其銅條浸於銅養硫養水則銅條上鍍銅甚快因鋅並鉑與硫強水之愛力差數大若改鋅而用鋅銅則鍍得甚慢因銅並鋅與硫強水之愛力差小若用鐵與銅入此水中則受鍍更慢因鐵銅與硫強水之愛力差數更小也　三用兩金質兩流質如鋅浸於淡硫強水銅浸於銅養硫養水兩流質有疑質分隔兩金質再與銅養硫養水內之兩銅條相連銅即鍍若將分隔器內之銅養硫養換用濃硝強水其銅換以鉑銅亦鍍銅而稍慢因前法兩金質之差數大後法兩金質之差數小

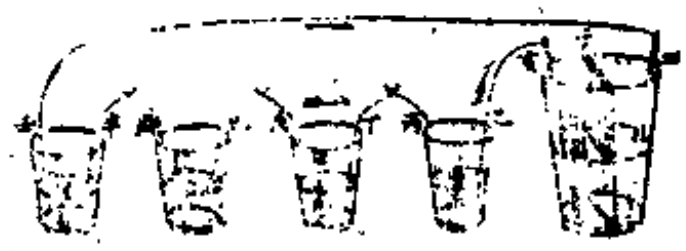
配質愛力本質愛力

愛力有大小不同亦有種類不同凡本質如各金質並鹼土金並鹼金皆與配質有大愛力其各配質如養硫綠燐弗等並土類木類酸質亦與本質有大愛力此即不同之類也惟消化與受鍍之面愛力不同亦有類之不同凡用流質有一金質消化此金質因與別法相連故得配質之愛力受鍍之面亦與別法相連即得本質之愛力如第十六圖甲為鉑乙為鋅丙為淡硫強水兩金質浸在內丁為汞在月用流質盃之底月用之鍍質戊為鐵養硫養已為鐵條浸在此水之內有金質絲與鉑相連其鋅有金絲或鉑絲庚與汞相連此庚金絲套以皮管或樹膠管

第十六圖

通至汞而不與鐵養硫養水相遇浸在鐵養硫養水內之鐵條有配質之愛力故化合而成鐵養硫養其汞有本質之愛力而合成鐵汞若鐵養硫養水代以銅養硫養水鐵條亦代以銅條則成銅養硫養而又成銅汞觀此即知消化之面有配質之愛力受鍍之面有本質之愛力除汞之外尚未攷得別金質亦有此類之愛力因平熱度之水銀已爲流質而別金類則爲定質假如別金類若能鎔化而與消化之鹽類質相連大約亦有此事配質愛力與本質愛力其旋動有兩相反之面　一金質一流質其流質爲銀鉀衰而浸以銅即受鍍銀若浸以鐵則不受鍍其銅受鍍之故因銅與衰化合之愛力大於銀與衰化合之愛力故衰與銅化合而放銀至銅面其化合之時銅點離開而旋轉之方向進流質不遠隨又還至銅面惟離去之點與還來之點不是一點且其離與還之各點甚多而密不能計數所以愛力旋轉在同時中又化合又消化又受鍍此爲質點旋轉之路也故其離去銅面之點即配質愛力還至銅面之點即本質愛力若用鐵代銅即無此愛力旋轉故不能在離點消化在還點受鍍若用二金質一流質如鐵並銅相連而浸於銅養硫養水內則鐵與銅並能鍍銅若用金代鐵即不受鍍其受鍍之故因鐵有離去還來之事與前同理另在流質內亦有旋轉之路且銅鐵因相連之故令配質與鐵化合而銅受鍍若代鐵以金則無旋轉之事故不能鍍若用一金質二流質將金絲連銀兩塊一浸於鉀衰水一浸於銀鉀衰水此兩流質在漏筒之微孔相遇則亦有過銀質金絲並流質而旋轉之路故銀消化而銀受鍍若以兩鐵代兩銀則無旋轉亦不受鍍若另用一流質如第十七圖丙丁與戊己與庚辛之三對銅絲浸於銅養硫養水內又有乙銅絲與亥鋅條相連鋅條浸於淡硫強水內壬銅絲與甲銅條相連銅條浸於銅養硫養水內子爲漏質之隔板隔開銅養硫養與淡硫強水則其旋轉之路內一箇間一箇有配質之愛力而消化如亥壬庚戊丙再有一箇間一箇有本質之愛力而受鍍如甲乙丁己辛設斷其路或將銅取出或剪斷其銅絲則不受鍍若將剪餘之物再浸於銅養硫養水內則又有旋轉受鍍之事

第十七圖

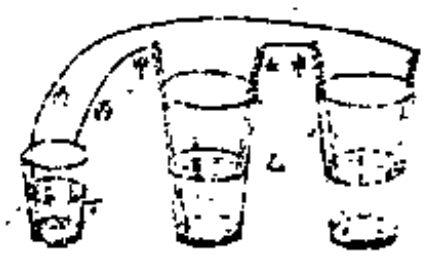


考驗前事則明一箇間一箇有配質愛力而消化又一箇間一箇有本質愛力而受鍍此愛力旋轉之路相反可名爲旋愛力

或可用雙鼓器具內有流質與金質即有鍍力可用一相連之法而令不旋動故無旋愛力且不能鍍如第十八圖甲乙爲兩器每一器內有淡硫强水每一器內有一鋅如壬每一器內有銀如申相連如鋅銀銀鋅其丙丙兩銅絲浸在銅養

第十八圖

第十九圖



硫養水內如丁則不受鍍若用第十九圖之法相連爲鋅銀鋅銀其丙丙兩銅絲同前則旋轉而能鍍第十八圖不鍍之故因甲器內愛力旋轉之路與乙器內愛力旋轉之路相反而甲乙器內之力同故愛力彼此相滅而無旋轉也第十九圖能鍍之故因甲乙二器內旋愛之力相同也所以金質之器多箇內有數箇相連錯誤而滅其力則其餘器之力尚有用如本有十二器而內有三器錯誤則三箇滅去三箇其餘六箇亦可用不過力量減小耳

臨鍍之時其流質內之配質與消化之金質化合而成一鹽類質此鹽類質隨即消化於流質內而同時中受鍍之面所鍍之本質放出配質再令與消化之面化合詳之如後

一用一金質一流質如鐵浸於汞養淡養水則鐵與流質內之淡養化合而成鐵養淡養同時中汞鍍於鐵而放出配質　二用二金質一流質如鐵銅相連而浸於銅養硫養水則鐵面上成鐵養硫養同時中銅鍍於銅而放出配質　三用一金質二流質如彎銅條一端浸於淡硫强水一端浸於銅養硫養水用分隔之器則淡硫强水內之銅面成銅養硫養同時中在銅養硫養水之一端其鹽類質之本質鍍於銅而放出其配質硫養　四銀浸於銀鉀養之水或浸以別金質而鍍銀此應令別金質與鋅相連而鋅浸於淡硫强水兩流質在隔板之微孔相遇所以鋅面上成鋅養硫養銀則放養而鍍銀　五月用一流質如銀兩片浸於銀鉀養之水別器內有鋅片銅片與兩銀相連鋅銅浸於淡硫强水則一銀片之面與養化合而成銀養又一銀片之面鍍銀其變與輕氣合成輕養而放散

流質內和合之配質忌過多

流質內和合之配質過多或致不能上鍍如鋅養硫養中立性之水浸以鋅兩片再與別器之鋅銀相連此鋅與銀在淡硫强水中其鋅兩片即一消而一鍍若於鋅養硫養水內添以硫强水則消者仍消而鍍者不鍍又如銀兩片浸於濃鉀養水再與別器淡硫强水內之鋅銀相連則銀

之一片與衰合成銀衰而在有餘之衰內消化銀之又一片亦不鍍銀須至鉀衰減少然後受鍍又如鍍金之流質內未有放去之質或本或配則受鍍甚慢或不受鍍此因消化之面成一不能消化之鹽類質又如有銀二片浸於銀衰鉀衰相和之水再與助鍍之器相連則一片受鍍而一片結滿不能消化之銀衰成白色之皮不能消化其鍍力漸停

水之濃淡有定率

鍍銀之鹽類質太少而水太多則鍍力甚慢若水太少而濃則消化之面結成鹽類之顆粒而漸減其鍍力如有銅二塊浸於銅養硫養水內又有和合之強水即另加之酸質此二銅與另器淡硫強水內之鋅銀相連則一受鍍而一消化漸成銅養硫養之鹽類質而結於銅面先結下端而延至上端漸減鍍力

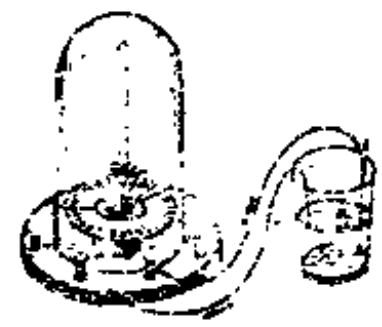
申明電學之理

電氣常具正負之性故受鍍之事其流質內必有正電質與負電質如鹼屬金並各種金質皆為正電質如養氣綠氣硫碘溴並各種配質與衰皆為負電質　一用一金質一流質如銅浸於汞養淡養水銅即鍍汞若浸於汞內則不受鍍者因流質內有正電質即汞有負電質即淡養其不鍍者因有正而無負也　二用二金一流如鋅與鉑相連而浸於汞養淡養水內鉑即鍍汞若浸在汞內則不受鍍其理同前　三用一金二流如鉀衰水並汞養淡養水用分隔之器以白金線彎之面二端各浸於二水則汞水內之一端受鍍若改用汞則不鍍　四用二金二流將淡硫強水內浸鋅板汞養淡養水浸鉑片二金類相接二流質用分隔法則鉑面鍍汞若用汞代汞養淡養則不能鍍　五用一流質如白金絲二條浸於汞養淡養水而與鍍力器相連則白金絲之一條受鍍若浸於汞則不鍍因是知流質之內必備正負二性之質

消化受鍍之二金質其南北二極具正負之性

消化之面為正電氣之性受鍍之面為負電氣之性所以消化之面吸負電質即配質受鍍之面吸正電質即本質　一用一金一流如鐵條浸於銅養硫養水則吸銅即鐵為正銅為負其鐵吸配質之力過於銅吸配質之力故能吸取配質與之化合而放銅隨又吸銅故即鍍銅若改用鋅養硫養則鐵變為鋅之負質而鋅為正質且鋅吸配質之力過於鐵吸配質之力故不能放鋅而鐵面亦不鍍鋅　二用二金一流如鐵並銅浸於銅養硫養水而合兩金質與測電器此器能測電氣相連最小之力如第二十圖銅即鍍銅且其

第二十圖



上下二針之偏動向正方向故知鐵爲正電質銅爲負電質若鐵與鋅流質則用鋅養硫養亦與測電器相連即不受鍍針亦不動　三用一金質二流質如銅二條彼此相連以金絲一絲浸在淡硫强水一絲浸在中立性之銅養硫養水兩流質盛以分隔之器再將銅條與測電器相連則消化之銅爲正電質受鍍之銅爲正電質若代二銅以二鉑即不鍍銅且測電器之針幾不能動　四用二金二流如鋅浸於淡硫强水銅浸於銅養硫養水兩流質盛於分隔之器兩金質亦與測電器相連針即偏動而知鋅爲大力正電質銅爲負電質若代鋅以鉑即不鍍而針不偏　五用一流質如銀鉀兩養相和之水浸銀二條而與鍍力之器相連再在旋轉之路內用測電器針而偏動因知消化之銀爲正質而受鍍之銀爲負質若代銀以二鐵則針偏少而受鍍亦少因是知消化之金質有正電性受鍍之金質有負電性所以消化之面吸流質內有負電性之質即配質受鍍之面吸流質內有正電性之質即本質此爲電氣之公理正者推正而吸負負者推負而吸正

電氣推吸有旋轉之路

一用一金一流如鐵浸於銅養硫養水則鐵自生電氣而八流質其正電氣從鐵面上密切之點透出令鐵消化而過流質其負電氣在密切之點回進鐵質而受鍍若將金浸於銅養硫養水則無電氣金不消化亦不受鍍　二用二金一流如鋅並銀各一片相並而浸於銀養淡養水則鋅消化而銀受鍍因有電氣過金流二質若用測電器測之即知鋅爲正而銀爲負　三用一金二流如銅二片一浸於淡硫强水一浸於銅養硫養水兩流質在鬆質板之孔相遇銅片與測電器相連即知强水內之銅爲正而消化鍍水內之銅爲負而受鍍　四用二金二流如鋅浸於淡硫强水內銀浸於銀鉀養水內二流質在鬆質板之孔相遇二金質與測器相連即知鋅爲正故消化銀爲負故受鍍　五月用一鍍質如銻綠水浸銻二塊令通電氣其一塊爲正而消化又一塊爲負而受鍍　六用數箇流質如第十五十七兩圖之法內有銅養硫養水並銅條多根其左右兩根與鋅並銅兩板相連其兩板浸於銅養硫養水內若用此法則一銅間一銅爲正電性一塊間一塊爲負電性正者消化負者受鍍電氣通過一切銅條而旋轉

電氣不可有隔斷之處

凡鍍金通電之路不可有難傳電之質在內如鐵絲甚長

或流質甚少雖能傳引電氣然甚慢而不及銅絲之快故受鍍亦甚慢或用不傳電氣之質如玻璃條相隔或用空氣相隔則電氣斷而不能鍍

各金質引電之力有大小之次序

六十度熱之時而傳引溼電氣則最大之力爲銀次銅次金次鎳次鋅次黃銅次錫次鈀次鐵次鋼次鉛次鉑次白銅次鎳次汞次鉍次鉀熱度若不同則其各次序亦不同

電氣通路之理

凡金類與流質相遇而生電氣或有電氣行過金質與流質則正電氣必從消化之金類即正電金類行過流質而至負電金類受鍍之面若言正金質即消化之面若言正極即正電氣離開負金質而入金質絲之起點如有鋅一塊並銀一塊浸在淡硫強水內鋅爲負極正電質銀爲正極負電質

乃用鍍金質者其消化之金質爲正受鍍之金質爲負或言此兩金質爲正負二極已涉謬誤

流質因電氣之故令所含之質分離

分離之處在流質與金質相遇之面流質內之負電氣質在正金質之面化合其正電氣質在負金質之面離流質而受鍍設有銀與銅浸於銅養硫養水內再有鋅與鉑浸於淡硫強水內後用金質絲將銀鋅相連遂又將銅鉑相連則銅養硫養水內之負質即配質與銅即本質相離隨與上路之正金質化合即銅而在水內消化故流質內之正金質即銅鍍於負金質之面若用鉑代銅用汞代銀如第十六圖則有相反之事因流質內之配質爲鉑所吸也蓋鉑爲正故吸負流質而不能與流質化合惟本質即銅與負金質即汞始能化合也故將鹽類質消化而用電力化分其本質配質則所得之質與平常在水內消化者同

電器釋名

鍍金有數事並數物其名目易混故將法拉待所立之名列之電氣化分之鍍料名鍍金水通電氣而有放出之金類名電氣化分電氣通入金類質之二端曰電路通正電路之端名上路通負電路之端曰下路鍍金水所放之質名電放質上路化合或放之質曰上路質下路化合或放之質曰下路質

上路下路二質

上路質爲養弗綠溴碘養各強水或鉀養下路質爲輕氣淡輕養各鹼屬金鎂錳鉀銻鉍鋅鎘錫鉛鐵鈷鎳銅汞銀金鉑鈀並能成鹽質之本質

各原質以正負電分列次第

正電性之最大者居首負電性之最大者居末鉀鈉鋰銀鎂鈣鍶鈷鈦鋁鉻鈹錳鋅鐵鎳鉻鈷鉛錫鉍鈾銅銀汞鈀鉑鉟銖金　輕砂鍇鉭碲銻炭砒鎢鉬釩鉻鉀燐硒碘溴綠弗淡硫養此各質正負之別在金與輕之間然硫並綠二質爲負電性最强之質若與養氣相比必當爲正電性之質又如硫養或綠養若合於鉀或輕或鋅或鉀以成各金類合硫或合綠之質則必當爲負電性之質大約前所列者每一質與下各質相比則爲正電質若與上各質相比則爲負電質蓋上各質正電性强而負電性弱下質負電性强而正電性弱或云硫與淡太近於負電性最强之端因其負電更弱於綠與弗又云輕氣不可列在負電性之內極應移上數位而在正電性之內

申明熱學之理

金質與養氣綠氣等化合或與酸類質化合即能發熱故與熱學有相關之理昔有人試驗用兩銻浸於流質之內兩銻之熱度即不同試驗幾種流質而發小力電氣其電氣從熱銻過流質而至冷銻之內故知熱銻爲正電氣質若代流質內和合之淡養即無電氣其故尚未攷知

鍍流質與熱度有相關

電箱內流質之本質其彼此之愛力有大小因流質之熱度不同若流質之熱度愈大則愛力愈小所以加其熱度則加大放電質引電之力而減少金類片引電之力若熱度不多而比金質減少引電之力與流質加大引電之力即知加者多而減者少故加鍍金流質之熱即加受鍍之速力

下路質浸於平熱度之流質內後加其熱至大熱度則不能受鍍或將受鍍之金質取出而在冷水內洗淨後再浸於鍍流質內亦不能鍍若先加流質之熱然後將下路金質之冷者浸入則受鍍甚好且此熱流質雖漸漸減熱幾度而鍍力亦不息

鐵面鍍錫則將鐵器浸於含錫之流質此若加熱至法倫表一百五十度即不能鍍如先加流質之熱而後將鐵浸入令流質之熱漸減至一百度即能受鍍不息

光學之相關

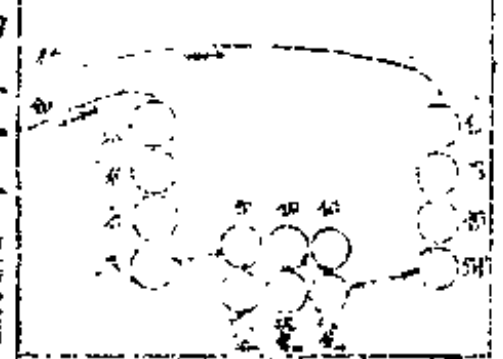
光與鍍金之事亦有相關蓋鍍金本質配質之愛力甚小光即能令分開遂不受鍍設有銀養硫養消化於鈉養硫養水內光照於其上則所有之本質化分此理尚未攷知

申明重學之理

流質爲電氣化分之時必有無數極細之質點彼此相吸相推遂成移動之事如將鋅一塊浸在銅養硫養水而水

底有汞後將鋅與汞相連此用白金絲外包樹膠或套玻璃管令不與銅錢硫養水相遇則鋅面之質點有正電性故彼此相推切於鋅面之流質其質點爲負電性亦彼此相推但流質內之配質點因是負電性故吸鋅面之正電質點遂化合而成鋅鹽質同時中汞面上之流質點有正電性其點彼此相推但或與流質之汞質點有負電性彼此相推所以負電性之汞質點與流質內之正電性通銅質點而相吸化合用此法鋅上鍍銅爲別故與現在無相關 前理

第二十一圖



可如第二十一圖而詳言之圖內銅銅銅銅爲銅養硫養水內之銅電上路再有汞汞汞汞爲流質內之汞電下路用鉑絲將上下二路與流質器相連上下路中間之流質點爲銅銅銅以及硫養硫養硫養所以上路各銅皆正電性皆彼此相推銅硫養質點每一圖爲一質點皆負電性皆彼此相推但銅電上路爲正電性故吸切近之硫養質點而成鹽類質同時中切近汞電下路之銅硫養質點皆爲正電性故彼此相推其下路爲負電性則鹽類質內之汞銅相吸故當二圖質點吸動之時銅上路消化下路化合汞必將水內所含之銅吸來而化合當是時上路之銅補其缺

前言之吸路與推路甚密而不能測量然亦有形可察如上路所成之鹽類質在流質之內消化後爲微管吸力而慢慢透過流質或不能消化而重於流質即慢慢沉下其下路所放之配質亦爲微管吸力而慢慢透過流質或輕於流質而上升此種移動有色能見因知流質內之本質與配質不能速即往來必是緩緩移動且在緊密之流質內透過更慢故必常常用器攪和則不致流質之上半配質多而下半金質多也且受鍍之處更宜掉動否則鍍上之質甚脆

上下電路在流質內之形像與鍍金有相關

一鍍金流質內之兩電路俱爲平置電上路在上電下路在下則上路所成之鹽類質重於流質必向下沉下路所放之配質輕於流質必向上升故上路近處常有和合之配質下路近處常有含金質之鹽類質因此能成鍍金之事 二兩電路俱直立則流質內之鹽類質重而配質輕故鹽類質下沉而配質上升因此而電氣從上路之上半斜過流質至於下路之下半所以上路之上半消化較快下半消化較慢其下路之下半受鍍較快上半受鍍較慢若有此事則下路鍍成之質必有多紋此因配質上升之時所成也若流質滿含鹽類質而不攪和之則上路之下

半結成鹽類質之顆粒其顆粒合於流質之面消化若有此事而流質或深則成彼此不相干之電氣上下路各自有路因上路俱有配質下路俱有本質所以每一路之上半與下半不同則電氣在上半離開金質在下半進去

電路之形狀

上路或下路之形雜亂而不能平正或有凹凸之形則高凸最近之處上路消化甚快下路受鍍甚厚低凹最遠之處則反是若下路不光而粗極易結成顆粒

化分化合之理

原質與雜質化合其輕重有一定之比例其數或爲正數或爲倍數卽化學所論之分劑數茲列各質如後

輕養	一・八	鈷	四・七	炭	六・〇	鋰	六・五
淡	一四・	砷	一〇・九	鎂	一二・二	鋁	一三・七
砂	二一・三	硫	一六・	弗	一八・九	鈣	二〇・
鉻	二六・七	鋨	二七・六	鐵	二八・〇	鈷	二九・五
鎳	二九・六	銅	三一・七	燐	三二	鋅	三二・六
綠	三五・五	鉀	三九・二	硒	三九・五	鎳	四〇・八
鉬	四六・	銀	四七・〇	錯	四七・〇	鎘	五〇・〇
錫	五二・二	釘	五二・二	鈀	五三・三	鎢	五六・
錫	五九	鈾	五九・六	鉍	六〇・〇	碲	六四・二
銀	六八・五	釩	六八・六	鉀	七五・	鍶	八〇・
鎢	九五・	鉑	九八・七	鉺	九九・	鉻	九九・六
汞	一〇〇・	鉛	一〇三・七	銀	一〇八・一	碘	一二七・一
銻	一二九・	鉭	一八四・〇	金	一九七・〇	鉍	二〇二・三

鍍金常用之質如硫强水鉀衰等物應知其原質與分劑數水卽爲輕養其分劑數爲九硫强水以水較重一八四八者其原質爲硫養輕養分劑數爲四十九鹽强水以水較重一二一者其原質爲輕綠加六輕養分劑數爲九〇五硝强水以水較重一五者其原質爲淡養二輕養分劑數爲七十二二淡輕加三炭養加二水卽爲一百十八淡輕綠爲五十三・五鉀養輕養五十六二成顆粒之鉀養淡養卽鉀養淡養輕養爲五十一・二鈉養炭養十輕養爲一百四十三二鈉綠爲五十八五鈣養二十八鎂養二十二鎂養炭養輕養五十一・二鋅養四〇六鋅養硫養七輕養一百四十三二鐵養八十鐵養硫養十一輕養一百三十八銅養三十九七銀養二百十六二銅養硫養五輕養一百二十五銀綠一百四十三六銀養淡養一百七十一金養二百〇五金綠三百〇三五鉑綠一百六十九七衰二十六鉀衰六十五二鋅衰五十八六銅衰一百四十八

汞衰一百二十六銀衰一百三十四一金衰二百二十三

消化與化合亦有一定之分劑

一用一金一流如將淨鐵一塊浸在銅養硫養水內鐵消化而銅上鍍消化之鐵二十八分鍍上之銅三十一分七又有硫强水四十九分離銅而與鐵化合變成鐵養硫養

二用二金一流如將鋅一塊與銀相連而浸銀養淡養水內鋅消化而銀鍍銀每鍍銀一百〇八分一卽消化鋅三十二分六　三用一金二流如銅浸在銅養硫養水內又一銅浸在淡硫强水內相連用分絲二流以鬆質相隔則淡硫强水內之銅消化三十一分七而銅養硫養水內之銅受鍍三十一分七又有硫强水四十九分在下路放出漸通至上路而相與化合　四用二金二流淡硫强水內浸鋅一塊銀鉀養水內浸銀一塊二金用銅絲相連二流以鬆質相隔則鋅消化三十二分六而與硫强水化合銀卽受鍍一百〇八分一而放出養二十六分　五另用一流質並溼電器以銅絲連金兩片浸在金鉀養水內則每鍍金一百九十七分而放衰二十六分卽有金一分劑消化而與衰化合其溼電器內有鋅一分劑消化而與硫强水化合並放輕氣一分劑　六用多箇器如第十五第十七圖之式其器內用銅養硫養而浸以銅又有鋅浸在淡硫强水內二流質以鬆質相隔其消化受鍍化合等事皆從前言分劑之理

電氣化分二質

前言電氣變化物質俱依化學分合之定理然凡雜質只含二種原質而每種只有一分劑則電氣能一逕化分之如輕氣或金類一分劑合養氣或碘或溴或綠或衰一分劑是也至於砒養與硫養硫養與燐綠燐綠與硫綠與炭綠與錫綠與鉀綠與銻綠等質不能通傳電氣故不能爲電氣化分又有數種雜質雖爲多於二種原質所成亦能爲電氣化分惟其化分之事必須繞道而成如鈉養二砒養雖不能爲電氣一逕化分而仍能在上路放養而在下路放砒此因電氣化分鈉養而其鈉則令砒養放其砒又如淡輕輕養水通電之時上路放淡氣下路放輕氣則電氣所化分者爲輕養而上路所放之養氣與淡輕之輕氣化合而再成水如此有淡氣在下路放出

電化分與算學相關

前二節論電氣變化之定理並電氣化之分質之理所以顯明電力與算學有相關卽有相等之力在相對之方向顯出如正電性之質點向彼方向而行負電性之質點卽向此方向而行其各質無不服從此電力故其質點之分

劑與算學相關而生電氣與通電氣又與化學相關俱各有一定之理若算學理合法而化學理不合法或化學理合法而算學理不合法則變化物質必不能成

上下二路之大小並流質與金質絲

上下二路面積之大小並二路間流質之多少並金質絲之粗細俱與鍍金之快慢有相關上下二路之面積益大二路間之流質益少固不甚佳然流質少而相距近亦屬無妨惟須兩邊寬大而相連之金質絲愈短愈粗則鍍力愈大也至於上路甚大而浸在流質之下半下路甚小而掛近上路之面則消化之金質多於鍍上之金質下路且欲發氣故鍍力不多

受鍍快慢

金質之性與快慢有相關若甚快者受鍍之金質黑色而脆粘力不固若能稍慢則得本色之金至於極慢又有顆粒之形因原質點有成顆粒之工夫

電學鈔全　卷一

布國 金楷理 口譯
無錫 徐華封 筆述

器具

前卷論理其受鍍與否概已詳悉茲論用法以申明之欲作此事者庶幾於臨鍍之時能免其舛而樂其成故將應備之器具以及一切材料擇其要而詳言之

電鍍金類端緒甚繁器物皆當預備理法俱必詳明今略舉其綱領列於首

空房一所○流質數種○電器數種○揩擦之物○模質數種以備外鍍金質○至於工藝則有電器之造法○電器之用法○辨別金質之理○用模之法○平常鍍金鍍銀之法○流質之用法

房屋內之位置如鍍金則在樓上牕戶宜透明而通風常能換易新氣鍍銅之房宜安置器於別處因有毒氣發出必有換氣之法欲鍍一切金類質須有房屋三間一在樓上可鍍金一在樓下可鍍銀又一在樓下可鍍銅等粗物此外須有天井以便洗淨電器又應有一披屋可安電器另須明淨之小屋不置別種器具

鍋爐並零器

平常鍍金之事應備鐵鍋與鐵爐鍋與爐或置鍍銅之房或近鍍銀之房鍋內有鉀養輕養水可將受鍍之物先在此水洗淨又備一小爐並鐵板可將鍍成之物置於鐵板烘乾鍍銅房內亦備一小爐可將鍍銅之水加熱又有常流水之管並鉛桶可洗小物又有大桶可洗大物又有大瓷盆形為橢圓或正圓可將欲鍍之物先浸於內又有大鐵盤內盛木屑可置鍍成之物每房之內應有一刷車可用足踏而刷淨鍍物鍍金房內亦備小爐可將金水加熱

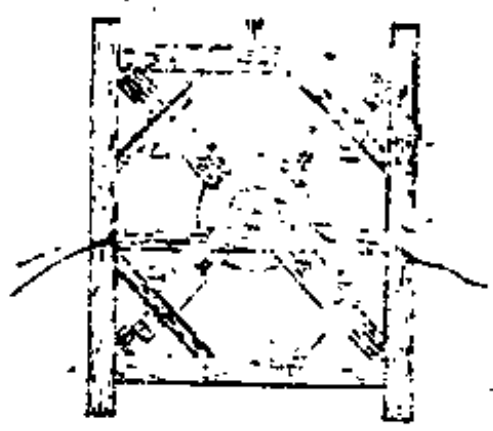
電器

鍍金所用之電器或宜乾或宜溼乾者價貴且必有運動之機件溼者價廉用亦較便然有時乾溼二種俱宜用者後詳言之

乾電氣器

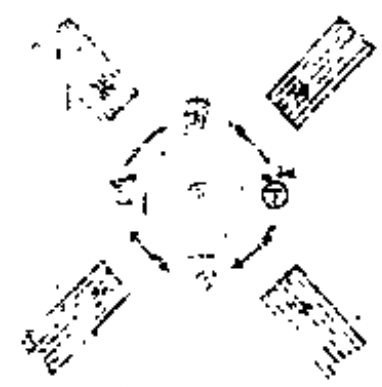
乾電器之制用彎吸鐵與銅件已見前十四圖然用以鍍金則應如第二十二圖甲為堅木架乙乙乙為大力彎吸鐵四箇定於架上丙為軸用汽機之力旋轉甚速軸上有環形黃銅四塊並有軟鐵四條半在環銅如第二十三圖乙丙丁戊其

第二十二圖



長等於彎吸鐵二極相距之數每一軟鐵條繞以銅絲絲外包以不傳電之物不令電氣相混銅絲之端與丙軸上四塊環形黃銅相切如第二十四圖彼此分隔用硬木或象皮等鐵條旋轉而過彎吸鐵之各極則銅絲內成附電氣其漸近變吸鐵時附電有正方向其漸離之時有反方向若欲收各電氣而令各從一方向而動即用二十四圖之丁戊二簧壓在環形銅面則每改附電方向之時其二簧可與銅環別節相遇而電之方向改為相反則成一箇方向之電氣如二十三圖北南北南為吸鐵電氣極此圖式為平視形與二十二圖同二十三圖甲即是二十二圖之丙軸乙丙丁戊即四條軟鐵上繞銅絲凡軟鐵條轉至吸鐵極則外銅絲有一箇方向之電氣即為加電氣若軟鐵條離極之時則內銅絲有相反方向之電氣即為減電氣加減二電氣若改其極即又改兩箇加減之方向故軟鐵轉動而近南極時之方向與離北極時之方向相同設乙鐵上之銅絲從南向北之時其電氣方向如圖為自右而左形如乙箭丁鐵上之銅絲其電氣亦為此方向惟丙戊

第二十三圖

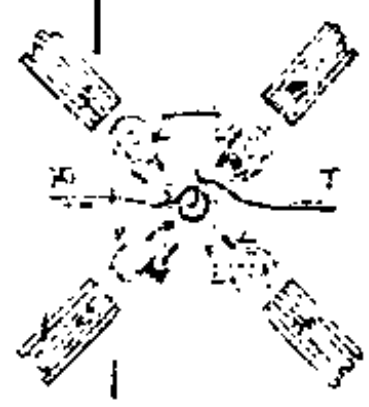


第二十四圖

二鐵上銅絲之電氣方向自左而右因丙戊從北至南也觀圖自明一个軟鐵每過吸鐵電極中界之時則一切銅絲內改其方向所以每轉一周必改四次若用每轉四分之一而改四个銅絲俱為一个方向應將乙丁兩銅絲之端連於環銅之法與丙戊二銅絲之端連於環銅之法相反軟鐵每過極中界之時即收銅絲內電氣之方向故每遇此時二挺簧即改相切之處同時中電氣即改方向如此可將各不同之方向合之為一个方向得了一个方向即可令電氣到鍍金之桶內

如第二十五圖甲為軸一二三四為四个環形黃銅與軸分隔之黑圈即樹膠所作一二環銅有短銅絲相連圖上不能見而三四亦同法相連甲甲甲甲銅絲之端與一二環銅之銅絲相連而鎖牢乙乙乙乙與三四相連之法亦同若用此法轉動四分之一則一切電氣皆為同方向在二十五圖內軟鐵將到極之中界一環銅將與丙挺簧相離四環銅將與丙挺簧相遇三環銅將與丁挺簧相離一環銅將與丁挺簧相遇圖內易見與在之形一切銅絲之甲端並一二環銅並丙挺簧俱為正電氣如箭之方向

第二十五圖



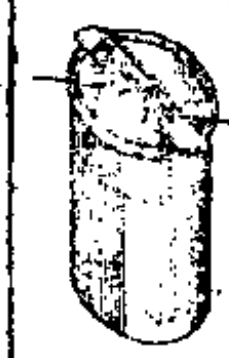
其乙端並三四環銅並丁挺簧俱爲負電氣若軟鐵已過極之中界卽改其方向一切乙端並三四環銅俱變正電氣其甲端並一二環銅俱變負電氣故已過中界一環銅與丁挺簧相遇四環銅與丙挺簧相過同時之中丙挺簧仍有正電氣與未過中界之前同在別一中界亦同不論何快慢皆同

軟鐵將近吸鐵極而未過則有最大之力若欲減少其力則將彎吸鐵上之啣鐵塊移近極或遠極其二十二圖內與挺簧相連之銅絲一端與消化之金質相連一端與受鍍之金質相連此器又可作八个彎吸鐵與八个軟鐵其力更大

溼電氣器

前卷所論七事卽溼電氣之理茲論製造電器或爲一流二金或爲二流二金因此二法能生電力極大惟其位置與相距及金質與銅絲俱有一定之法溼電器原有三種可用一爲舊式鋅銅電器如第二十六圖玻璃筒上有木橫擔中插一鋅板左右各有銅板自相連銅板之銅絲通至消化之上路鋅板之銅絲通至受鍍之下路二爲司米電器用鋅板與鍍鉑之銀片其形與前相同惟

第二十六圖



代銅以銀三爲旦尼電器如第二十七圖鋅作圓柱形浸於淡硫強水銅爲多孔之圓套浸於銅養硫養水分隔兩流質以鬆質之漏筩又有玻璃或瓷爲外筩又法鋅置於漏筩而加淡硫強水漏筩置於銅筩而加銅養硫養水銅筩之上口有多孔之銅圓片銅養硫養之顆粒置片上如銅養硫養水化分而淡則顆粒消化而補足此外又有電力更大者用鋅與生鐵之電器

第二十七圖

司米電器約用六筩旦尼電器若欲大力則用圓筩或爲瓷或爲玻璃或硬象皮若作大電器用瓦爲妊因玻璃大筩甚貴惟能透光而審視變化之事則爲便處現在造玻璃之肆專造大爲電鍍金類之用其硬象皮筩價亦貴雖牢固而不透明且鋅鹽類質多結於其面（硬象皮膠樹膠）

鬆質之器卽漏筩

旦尼之器或別種二流質之器必用鬆質分隔則兩流質能在微孔內相遇此漏筩有三種一爲無釉之瓷一爲木一爲膀胱然以瓷爲妙凡不用之時應浸於淨水消去其體內之鹽類質若乾而結成顆粒必有裂縫之病

鋅板

鋅板宜用日耳曼鋅又名木塞曼鋅其厚薄與電器之大小有相關最小者不可薄於八分寸之一最大者四分寸之一或八分寸之三旦尼里所用之鋅柱可將舊鋅板鎔化而用模鑄成

鋅板鍍汞

鋅板或鋅柱與汞相合先備硫强水一分水十分相和後將鋅板浸片刻而取出將汞傾於鋅面用舊布擦勻如有不合之處則用硬刷刷之即在水內洗淨而將板斜立令水流下所有多餘之汞亦流下

銀片鍍鉑

銀片鍍鉑將漏筩盛淡硫强水而浸一鋅條漏筩又置於外箱此箱盛鉑絲水和以蒸水令成淡棕色再加硫强水數滴遂將銀片浸此水中用銅絲與鋅相連銀面發氣而漸爲黑色即是受鍍取出以水洗之而待乾此須留心不可擦去其鉑作鉑絲水將硝强水一分鹽强水二分半相和以鉑之小塊漸漸加入俟水內不發氣即不再加其水變爲深紅

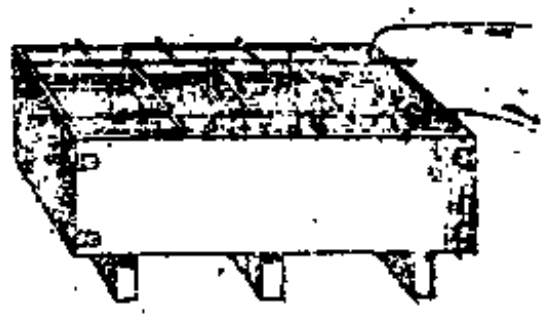
鍍電器內用銀片遠遜於鍍鉑之銀片因所發之輕氣粘在銀面則銀與流質相切之面少而傳電較難惟用鍍鉑之銀片其鉑本成粉形有傳電之大力故輕氣之散甚快銅片以純銅爲之然遜於不鍍鉑之銀片因强水與銅有愛力易成銅鹽類質於强水內而令鋅板消化甚速故不用電器之時不可留銅於强水內然取起之時又因空氣之故而銅面即生銅養之質後再用之減少電力

水箱

所鍍之物不多可用玻璃器盛之或用瓷器盛之若件數甚多必能盛水數千觔之器故用木箱而內襯鉛皮若欲將人像等大件鍍以金類則用磚坑而內塗石膏再敷樹膠一層若用鉀褒水即不能用因鉀褒能消化樹膠也平常鍍銀之木箱深約三十寸濶約三尺長約二十尺各廠之制大小不同且有用熟鐵板爲箱者但鐵箱上常有鹽類質所結之顆粒

鍍箱內安置之法

第二十九圖

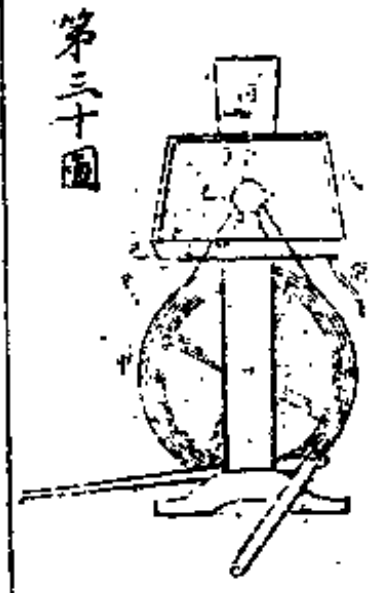


羹杓刀叉茶壺碗碟等物鍍銀將消化之金質掛於箱旁須稍高而略近於水面箱上有木架相距約二尺如第二十九圖架上即掛消化之金質彼此相連其受鍍之物掛以銅絲而繫於紅銅桿此桿又靠於二橫桿有大銅絲與電器之負電極相連其酒

化之金質亦有大銅絲與正電極相連如此安置則受鍍之物周圍俱有消化之金質故鍍成甚快其木架能活動若大物入箱可將木架折卸銅片爲正極鋅片爲負極

鍍箱內若用熱流質如衰或銅或黃銅之流質其箱可用生鐵或熟鐵爲之內面加以瓷釉

刷車八十節



第三十圖

鍍金類之房內應有刷車以便刷淨各物其器如第三十圖乙爲鉗傍有黃銅細絲刷四箇丙爲壺內有淡皮酒從塞門滴下如丁至刷上戊戊爲兩板遮住酒之飛散已爲盆可受滴下之皮酒庚爲管令用過之酒漏出人以脚踏之將鍍成之物近向銅絲刷之此帚粗細不等與物之形式相配

通電銅絲

銅絲宜備大小數種如白明巷十八號或二十號者每一條約十五寸至二十寸爲掛小物之用若大而重者應換粗絲通電之絲紅銅爲好傳引電氣最易且軟而易彎其次則黃銅極好惟銀但價貴耳

浸洗物件之水

受鍍之物先宜洗淨如洗鐵物須用大瓦盆盛以硫強水一分水二十分別種金質可用更淡之強水磨光之熟鐵強水宜更少若洗紅銅黃銅白銅等物宜用瓦盆數箇一盆內盛濃硝強水一盆內盛消污水此用水二十四分硫強水二十四分硝強水三十二分鹽強水一分一盆內盛力已用盡之流質或爲淡養或爲消污水此外宜備擦玻璃之細砂並刷帚並舊布令難淨之處擦淨又有磋刀與鑿以備刮垢之用又有輕弗水或藏鉛瓶內或藏硬象皮瓶內生鐵物上有玻璃粘合之處用此水擦去八十二節

電器內強水

鍍金類之電器內舊用硫強水一種若用旦尼電器者應備銅養硫養本生電器須備硝強水

金質粘合之流質

紅銅黃銅白銅等質鍍銀而令粘合須用汞養淡養水或汞衰水擦於銅面作汞養淡養之方汞一兩在硝強水內消化俟飽足之後再加蒸水一斗令淡作汞衰之方將汞養淡養一兩置於鉀衰水內俟其盡結成濾取其質加以濃鉀衰水令盡消化再加鉀衰少許而並加蒸水共得一斗盛於大瓷瓶內近瓶之處備消污水之盆又備一清水盆此三器在鍍銀房內刷車之傍逼近於鍍銀之箱八十四節

作模之料 八十五節

常用之料或硬象皮或白蠟或蜜白蠟或鯨鯨油最好為硬象皮與質勿立海膠切成小條在鐵杓內鎔之不可過熱先鎔海膠後漸添硬象皮掉令和勻此料比全用硬象皮者更好一因熱時能更軟以模印之能貼合　二因冷後縮小更多溼模內易於取出　三因面上易粘筆鉛

凹凸力之模料

作大小不等體之模其料為俄羅斯膠四分並糖油一分先將俄斯膠切碎浸於冷水數小時軟後傾出其水將糖油加入盛於鑊內略沸用箸掉勻之加糖油者能令膠不速乾不速縮

筆鉛燐漆傳電之料 八十七節

硬象皮蜜蠟海膠等物俱不傳電氣故於面上須加傳電之料　一蠟模之面用筆鉛但各種筆鉛質傳電氣之力不同最合用之質為的克司所造者　二凹凸力模料所用之各流質一為燐流質製合燐流質三兩宜將蜜蠟或羊油六十四釐加熱鎔化次將生象皮八釐切碎在炭硫一百六十釐內消化隨加鎔化之蜜蠟而攪和之蜜蠟添時宜慎恐易於生火後將燐六十四釐在炭硫九百六十釐內消化再加松香油八十釐阿鮓發而細粉六十四釐俟全消化與前象皮流質相和攪動之二為銀漆其作法以二十兩為度將紋銀十八或十九釐置於二十或二十五釐極濃之硝強水內後將蒸得之水添滿至二十兩三為金漆如欲作二十兩則以金五釐或六釐再將硝強水一分鹽強水二分或三分相和共重二十或二十五釐加熱而將金消化後添蒸水二十兩

又法作燐模料可免浸以燐流質之工因其模質內已含燐質作此料一磅可將蜜蠟半磅並鹿油半磅鎔化次將燐十九或二十釐在炭硫三百釐內消化其油與蠟加熱不可過大視其初鎔之時即將消化之燐添入法將燐流質盛於壺內壺有長口插入油與蠟之底而漸添入始免生火之虞此燐料傾在木或紙或布上最易發火用時宜慎之

各物受鍍厚薄不同

物甚小而多如針與鈕扣等祇須薄鍍則用浸鍍之法若是鍍銅只用一流質為便比電鍍更快而費亦較省惟鍍金銀必用電器為妙因能加厚且流質力不要加本質

合製鍍水

鍍水之製有二法一用化合一用電氣若作銅養硫養水則將銅養硫養在水內消化後再另加和合之硫強水若

作銀鉀衰水則將銀在淡硝强水內消化即得銀養淡養水後加鉀衰水而結成白色之銀衰用清水漂淨再以鉀衰水消化後再另加和合之鉀衰少許若用電氣作鍍水則將酸質或鹽類質消化於水內次將金質大片置流質之底爲上電路再將金質小片浮在上面爲下電路或須加熱或不加熱依各金質之性後將上下二路與發電器相連若下路受鍍即知上路消化而流質內已多含金質若作鍍金水則將下路置於小漏筩內此筩再置於外筩而筩內用大金片爲上路兩筩俱盛鉀衰水兩水之面略平後將下路移在外筩而受鍍即知外筩流質所含之金質已足用小漏筩內之流質可并於外筩之內若作銅養硫養水則銅爲賤質無庸如此必欲試之可將清水量加硫强水用銅大片爲上路銅小片爲下路置於流質內兩路與電器相連銅即消化而成銅養硫養水銀鉀衰水亦可用電氣成之法將水若干消化鉀衰與前同意後用銀大片爲上路銀小片爲下路與電器相連銀即消化而至足用

鍍水宜忌

電器鍍金應知下六事而定鍍水之用　一鍍水應與電上路有大愛力且應含許多金質　二鍍水應有引電之大力　三鍍水應易放金質與下路受鍍者須如其本色不可有顆粒　四鍍水不可與賤金質有大愛力因賤金受鍍而有大力則不粘合　五鍍水遇空氣不可自化分又遇光不可懷其質而難鍍　六鍍水不可在受鍍之面上發氣如有之則電氣之力太大而鍍水內又加發氣空中即

試驗鍍水

試驗之法可用二對司米電器將淨上路浸在流質內其下路用淨鐵或銅與上路之面積等細察電器內發氣之多少並鍍之快慢色之明暗或色不如其本色又察粘力能牢固否下路之發氣如何上路消化之難易消化時發氣與否以受鍍之物取出而再浸於內能再鍍否空氣與流質之面相遇或見光否傳電之力減少與否流質下面有沉下之質否上路成不消化之黑皮否如有此物或另加之配質太少或金質不純

電器內發氣不多即是流質傳電不得法或爲流質之熱度不能消化金質若不受鍍或爲熱度不合或月加之酸質太少或消化之鹽類質太少若受鍍之色不好或電氣之力太大或受鍍之物太小或流質內不能放出好金質若所浸之物隨浸隨鍍而不用電器者則所浸之物應令鍍上之金質粘合若流質遇空氣或見光則有結成之點

若傳電之力因遇空氣或見光而減少即是流質原質化合之數有改變或質點相合之形像有改變若受鍍之面發氣或爲電氣之力太大或爲流質內消化之金質太少或爲另加之酸質太多或流質不好此因電氣一分令鍍一分令發氣而添養氣於流質內

試驗數種金質相合之流質

此種流質之要事流質內所含之金質不可一金爲正一金爲負若欲驗之須用金質絲一端浸在流質內一端與量電力之器相連若一金爲正一金爲負則器之針必偏視其方向即知何金爲正何金爲負又看偏度而知流質內金質有正負之較數若干若無此器則用下法亦可試驗即將每金質之同類金絲浸於流質內不必相連過一小時察有鍍別金質其鍍者爲正若六小時之後而不受鍍即知無有正負之較

以後六則皆所以明試驗之事如將所合之流質以同類金絲浸在內觀其一受鍍一不受鍍則知二質在此流質內彼此正負又知含兩金質之流質只有正者能鍍而不能兩質皆鍍若兩質並無彼此正負則俱能鍍　一用濃錫綠水一分銻綠水一分相合內浸一電上路或爲錫或爲銻用銻爲宜電下路用銅接以小力司米電器即鍍銻而不能鍍錫若將錫浸流質內則不用電器而已能鍍銻用此浸於流質內之錫與量電器相連即知錫爲正而銻爲負其較數甚大　二用錫綠水一分鉍綠水一分電上路用鉍或用錫鉍爲宜電下路用黃銅連以小力司米電器則上鍍者爲鉍而不爲錫若將錫浸於流質內則錫受鍍鉍而試以量電器知錫爲正而鉍爲負　三用銻綠水一分鉍綠水一分內浸銻上路並銅下路與小力司米電器相連即知流質內不肯放鉍而祇放銻若將鉍浸於流質內則能鍍銻試以量電器知鉍爲正而銻爲負　四用錫綠一百釐鋅綠一百釐消化於蒸水一兩後以錫電上路銅電下路接以小力司米電器即知流質放錫而不放鋅試用量電器即知錫爲負而鋅爲正若浸鋅於流質內亦受鍍錫　五用鋅養淡養濃水一分鉍養三淡養一分再加和合之淡養少許電上路用鉍電下路用銅連以小力電器流質能放鉍而不能放鋅若與量電器相連則知鋅正鉍負以鋅浸於流質內而受鍍鉍　六用鋅養硫養與銅養硫養其消化於水以銅爲上下路用小力電器即放銅而不放鋅用量電器知鋅正銅負較數亦大若鋅浸於流質則受鍍銅

蒸水消化鉀養輕養用銷爲上下路則下路放輕氣因銷

爲正而輕爲負若加硫强水少許於流質內則成鉀養硫養若加鋅養硫養少許而用小力電氣則在下路鍍鋅而無輕氣亦無鉀此內不能用量電器定其孰正孰負或鋅爲正或輕爲正俱不能知大約輕正而鋅負因將鋅浸於流質則不發輕氣此不用電器者若加銅養硫養而用電器之法則流質不放鉀不放鋅不放輕祇放銅後用量電器測之則知鋅正銅負將鋅浸在內不必用電器而受鍍銅因知正電氣最少力之質爲流質所放故可定以下之理凡流質內含數種金質或別種正電氣質以小力電氣傳過此流質則正電氣力最少之質爲流質所放九十四節流質含銅並數種金質而用小力電氣傳過則正電力最少之質能放而鍍若加大電力則正電力更多之質又放幾分而止鍍但此所放之二金質不相粘連因正力更大之質應用大電器所以正力更小所放之質變爲粉形且兩質應用之電器其大小之較益多則不相粘合亦益多觀以下三則更明如將銅養硫養少許鋅養硫養少許兩質等分而以多水消化令甚淡次用小力電氣傳過其流質則放銅若多加電氣則放銅失其本形而又放鋅若再加電力則鍍上之金質又發輕氣　二若用甚少銅養硫養甚多鋅養硫養在多水消化令大力電氣傳過則電下路又放銅又放鋅又放輕　三將鉀養輕養加淨水令淫用白金電路令小力電氣傳過則下路放輕氣而不放別質若多加電力則又放鉀觀此三則理自明曉若電氣爲小力則祇放正力最少之質加其電力則正力更少之質不鍍而正力最大之質能鍍即放正力更大之質九十五節

英國 金楷理 口譯
無錫 徐華封 筆述

各種流質

此卷詳論各種鍍水之優劣令學者審知何事應用何質

銻流質

平常之銻鹽類質一爲銻硫養一爲銻綠一爲鉀養銻養果酸再有輕綠銻綠別名銻油製合流質之法將黑銻硫養一磅加以輕綠四十兩（一百六十兩爲一斗）後漸加熱攪動之以不多發氣而止加熱令沸俟乾至二十兩沸時宜蓋而不必甚密冷後以布濾之存於有塞之瓶內此質是黃紅色其重率一·四七若用電器令放銻則變爲明而無色

又法用電器數箇而以銻之大片爲上路令電氣傳過濃鹽强水所成之流質幾爲無色

銻綠傳電之力甚大極易消化上路若電力不大所鍍之銻甚好雖遇空氣或光亦不妨惟常用之則流質之力亦減少若用鋅或錫或鉛或鐵或黃銅或紅銅或白銅浸此流質內雖不用別力俱能鍍銻不論何物欲鍍銻須先浸於鹽强水內取出洗淨而浸入流質若不浸於鹽强水則水令黏牢之流質爲白粉

銻綠與淡輕綠相和

此質可用電氣造之先將淡輕綠消化飽足之水一分鹽强水一分相和用銻之大片爲上路而與電器相連或用化合法造之用淡輕綠消化飽足之水一分銻綠一分相和此質引電之力極大易於放銻且爲好形此流質不及銻綠易消化賤金類此事之外其力與形俱與銻綠同

銻綠與錳綠相和或銻綠與鉍綠相和所放之銻亦好惟再無別種好處

鉀養銻養果酸在水甚難消化已消化於水者傳電之力亦不大故不如銻綠且試驗多次所鍍之銻形如黑粉然將鉀養銻養果酸在鹽强水內則甚易消化即爲最好鍍銻之流質其傳電甚佳常用之亦不盡遇空氣與光亦不妨業已用過數月其力仍不盡電氣之力不論大小俱能鍍好形而不爲粉形所鍍成者快而且厚不拘何物不必先浸於鹽强水內造此流質用水兩磅鹽强水四磅鉀養銻養果酸八磅相和

黑色與紅色之銻硫養皆可在淡輕硫水內消化鍍時用銻上路並司米電器一雙即傳電甚佳或用鉀養輕養水或用鉀養果酸水或鉀養草酸水內有一箇銻電上路並一雙或二雙電器則傳電之力甚小或云應用銻養在鉀

衰水內消化始爲最好之鍍銻流質然已試過細察鉀衰水內之銻上路傳電不甚佳

銻質最易鍍成本色

銻綠爲鍍水甚佳若令緩緩鍍成則如磨光之鋼惟受鍍之事有數種奇異如當受鍍之時取出而稍稍擊之或用硬物如金質如玻璃擦之則有聲響發出並見白霧之形有時發聲發光若不發光亦必發熱人指近之覺有微痛或近以紙即能燃火或近以松木即枯成黃色受鍍更厚前各事更甚若有此事則鍍成之銻質自能折裂鍍事停後或鍍成之金質不能通體均勻則裂深八分寸之一又見幾次將玻璃筒稍稍擊動而筒內之物已發響又有一次鍍物已從流質取出已用淡輕綠水洗淨而乾之歷數小時仍能發響又有一次鍍成之銻已洗已乾已離流質數小時適有友人來見偶取此物在手忽發一聲如劃自來火而燃痛其手又有一次已鍍數分時取出看驗並添電器內之強水令濃再將鍍物浸下過數小時而再取看即有鍍質折裂而未聞其聲法國化學家云此固銻與輕氣相合而成即此質也惟鍍快之時常有此病又與九十四節九十五節之言吻合因電力太大則輕氣不發出而與金質化合以成自燃之質又有一事可明此理蓋鍍成之金質其各質點自漲白縮而力甚不平猶之未烘過之玻璃碎裂之後必有緊密之質點發光發熱

鉀養銻養果酸水甚濃其受鍍之工夫甚多亦有一奇事下路受鍍之質在流質面上成銻一薄片幾接於上路嘗取得此種銻片靠一塊銅絲其徑一寸又八分寸之五流質近底鍍厚半寸成此銻片歷十八日用一雙小力司米電器此流質鍍物惟樹膠皮上之黑鉛不受鍍又有黃銅或鐵亦不甚黏合

鉍鹽類

鉍鹽類質惟鉍綠與鉍養淡養與鉍養三淡養取鉍綠之法用鉍之小塊在鹽強水內消化須稍加熱取鉍養淡養則用淡硝強水亦須加小熱消化飽足之後加水五十倍或一百倍若令結成細粒鉍養淡養鹽類質取鉍養三淡養則用濃硝強水亦加小熱次將流質化氣待冷結成顆粒

鉍流質

鍍物之流質可用鉍養淡養或鉍養三淡養在淡硝強水內消化鍍時用小力電器則能鍍成鉍之本色其色白而稍帶玫瑰花色其光有如絲紋此流質不能令樹膠皮上之黑鉛受鍍熱鉀衰水內不能消化鉍質上路

鋅鹽類

鋅鹽類質甚多常用者爲鋅養淡養或鋅綠或鋅養硫養或鋅養醋酸取鋅養淡養用硝强水與水相和浸令鋅消化俟其水飽足以紙濾之將水加熱化氣待冷結成顆粒取鋅綠則用鹽强水消化飽足之後濾清而加熱化氣待冷結成顆粒取鋅養醋酸則用濃醋消鋅及醋內飽足加熱化氣冷亦結成顆粒又法將鋅養硫養水加以醋俟冷結成濾取其質

鋅流質

鋅養硫養水即將鋅養硫養鹽類質二磅用水一斗消化而以紙濾之凡鋅養淡養流質並別種含鋅流質鍍時之電下路欲發輕氣故宜留意此事用一小力電氣爲是鋅養硫養流質鍍鋅甚易故用一電器或用單流質俱可但一金一流之法不甚佳因鍍時所放配質再與本質消化故黏力不固又有別種鋅流質如鋅綠水或鋅養淡養水或鋅養醋酸又或鋅之雙鹽類質價皆貴而並無佳處故不及鋅養硫養之簡便也

或用鋅衰在鉀衰內消化爲最佳之鍍鋅流質然用鋅電上路則流質之傳電力不大惟加熱始能有力因衰與賤金質之愛力甚小也業已試驗鉀衰水消化鋅衰之數少於銅衰一半若加熱至沸始易消化若用二次輕養三次養水則鋅衰易消化惟鋅衰在鉀衰鐵在鉀衰鐵並鉀衰鐵之沸水內不易消化而易在鉀衰之沸水內消化鋅能在上筆鉛之面鍍成本色與銅相同所以模面上刷筆鉛最易鍍

鎳

鎳流質

淡養一分添水五分或六分加熱至法倫表八十度或一百度以鎳在水內消化後漸加淡硝强水俟盡消化而止另用鈉養炭養一磅在水一斗消化漸傾於鎳流質內俟盡結成而止濾取其質用溫水洗淨加以鉀衰水消化之亦須漸加至消盡即止再加和合之鉀衰水視體積十分之一此流質之或濃或淡隨便最好有鎳質六兩應有流質一斗爲率加熱至法倫表一百度上路用鎳即可鍍鎳

錫鹽類

常用之質爲錫養與錫綠與錫綠並錫養鉀養輕養取錫養用淡鹽强水消化純錫次加淡輕水或加鉀養炭養俟盡結成即得錫養用水洗淨待乾若作錫綠將錫在鹽强水內消化須加熱一百五十度或二百度後再化氣使乾若作含水錫綠可用錫在合强水內消化又可用淡輕綠並淡養相和消錫或用淡養與食鹽相和消錫若作錫養

鉀養輕養可用初結成之錫養一分劑即爲七十五分並鉀養輕養一分劑即五十六分二或代以鉀養炭養一分劑即爲八十七分二加熱鎔化即得

錫流質

錫流質有三種一二爲浸三爲電鍍○一用淡輕養鬱十七兩半在沸水二十二磅內消化後加錫綠一兩將器物先洗淨而浸入此水常掉動之○二鉛鐵銅鋼黃銅等物鍍錫用鉀養二果酸十兩半在水十七升有半消化後加錫綠四分兩之三加熱令沸數分時欲鍍之物與錫相連而浸入此水中○三鋅鐵銅鋼等物鍍錫用鈉養燐養十一兩在水十七磅半內消化後加錫綠四兩半用錫爲上路此法可厚鍍而甚佳若作鈉養燐養可用鈉養二燐養加熱至紅

又法用錫綠消化於水再加鹽强水少許而去水內之白色又法用電器作錫綠水即將淡鹽强水浸一錫上路此錫板須大後令電氣傳過俟錫消化但此流質不甚佳因所鍍之錫有顆粒粗毛如特欲成此毛形則可用鹽强水一兩水十一兩錫綠八十釐消化前事最顯大凡鍍錫易見此病故欲其停勻而白色黏連極牢者甚難

錫養鉀養輕養水將錫養鉀養輕養顆粒在水內消化即成或用新結成之錫養不甚乾者在鉀養輕養沸水內消化亦成又可用電器成之將濃鉀養輕養水加熱令沸浸一大錫板爲上路令電器傳過俟下路鍍成白光此流質鍍物時應加熱至一百五十度受鍍甚佳若流質遇空氣則所含之錫皆沉下而成錫養或曰應用錫在鉀養水內消化然其錫上路引電不好雖加熱亦無益又不易於消化其錫

或將鋅鐵鋼銅黃銅等物鍍錫其流質用鉀養炭養六十磅並粗鉀養輕養十五磅淨鉀養輕養五磅並鉀養二兩在七十五度熱之水七十五斗內消化以紙濾清後加鋅養醋酸二兩並錫養十六磅掉動而俟全消化爲度電上路用鋅或錫皆可其加熱總以七十五度爲妙

錫鐵二質與電氣相關

錫與鐵浸於蒸水之內熱在六十二度與二百○三度之間則錫比鐵稍有負電性若熱至二百十二度則錫爲正電性鐵爲負電性砒養消化飽足之水浸錫與鐵熱在六十二度與二百十二度之間錫正而鐵負燐養濃水熱在六十二度與二百十二度之間錫正鐵負硫强水一分蒸水九分相和或硫强水一分蒸水九十六分相和錫正鐵負硫强水一分蒸水一百九十二分相和熱在七十三度

與一百五十八度之間錫正鐵負若熱在一百五十八與二百十二度之間則錫負鐵正鹽强水一分蒸水九分熱在七十度與七十七度之間鐵正錫負七十七度至二百十二度則錫正鐵負鹽强水一分蒸水九十分熱在七十度與二百十二度之間錫負鐵正輕弗水一分蒸水九分熱在六十八度至二百十二度錫正鐵負硝强水一分蒸水九分熱在七十度至一百十一度錫正鐵負一百十一度至二百十二度則錫負鐵正硝强水一分蒸水九十六分熱在八十二度與二百十二度之間錫正鐵負

鉛鹽類

鉛鹽類質爲鉛養淡養並鉛養醋酸淡硝强水內以鉛漸漸添入至不消化而止濾取其水而令化氣即得白色之硬質水內能消化若作鉛養醋酸可將鉛養在醋酸內消化而濾清化氣令成顆粒水內能消化

鉛流質

用前鹽類質在水消化或用鉀養鉛養其取法用鉛養在沸鉀養水內消化此流質可用鋅或錫等器浸於內受鍍惟鐵器不能厚鍍并不能鍍成本色

鐵鹽類

鐵鹽類爲鐵養硫養或爲鐵綠或鐵養淡養用鐵在淡硫强水內或鹽强水內或硝强水內消化然後化氣令濕置於不多遇空氣之處結成顆粒

鐵流質

鐵養硫養顆粒在水內消化然更佳者爲鐵綠消化之流質若浸鐵電上路於淡輕綠飽足之水內用十五副或二十副大力電器通過此流質即鍍白鐵其色略似新折斷之生鐵或用淡輕養炭養飽足之水或淡輕養醋酸之水或鉀養醋酸之水浸一鐵上路亦用大力電器亦能鍍鐵又用鐵養硫養二分淡輕綠一分同消化於水則鍍成之鐵有本色鉀養鐵養飽足之水亦可鍍鐵欲造此質將硝與鉀養輕養並鐵養三物共燒之即得燒時歷數分火宜大又法將鉀養輕養之濃水浸鐵或鋼之大板爲上路用銅或鉑之小片爲下路後加十五副或二十副司米電器視有紫色則下路受鍍成鐵殼電力過大殼如黑粉若不甚大能成本色此流質速分離其內質其故未詳所有紫色之質漸能變爲無色所有內質皆變爲鐵養而沉於器底若用鐵養硫養爲流質俟消化之後再加和合之硫强水少許用司米電器一副令鐵鍍於銅或黃銅此鍍成之鐵甚光明有似銀形

鉀養水內用鐵上路傳電不佳色亦不佳

鈷流質

鈷綠水爲藍色多加以水又似棕色其製法將鈷養或鈷養或鈷養在熱鹽强水內消化俟漸冷卽得紅色顆粒此質尙未試用

鎳流質

鎳養淡養用鎳在硝强水內消化此硝强水添水不必多消化之後再可加水但此流質不易鍍鎳昔嘗用鎳綠一分與淡輕養一分相和用電上路浸於淡輕綠飽足之水內令大力電氣傳過幾小時後視流質有淡青色卽是鍍鎳得本色又有鍍鎳之流質將純鎳在硝强水內消化後再加水而將鉀養炭養水傾入令有結成之質鉀衰亦可令結成須用清水洗淨在鉀衰水內消化幾及飽足用鎳上路卽可鍍鎳其色似銀

銅鹽類

銅鹽類質爲銅養與銅養硫養與銅綠與銅養淡養與銅養醋酸與銅養其銅養之取法將銅養炭養或銅養淡養加熱至暗紅或將銅養硫養加熱至光紅卽得取銅養硫養將銅一分劑卽三十一分七硫强水二分劑卽九十八分合而加熱消化再化氣至乾以水消化而濾清再漸化氣成顆粒取銅綠將銅在鹽强水內消化或將銅養消化於鹽强水化氣結成顆粒取銅養淡養將銅在硝强水內消化如法成顆粒取銅養醋酸以醋酸消銅養別名爲銅鏽顆粒取銅養將鉀衰水添於銅養硫養水內俟盡結成濾取其質以水洗淨色爲淡綠質爲細粉凡作此事常發輕衰氣因此其質實爲銅衰而非銅衰在鉀衰水內易消化又在淡輕水或淡輕養炭養水亦消化卽作此物用鉀衰六十五分劑銅養一百二十五分劑令其結成

銅流質一百二十節

鍍銅或用一金質一流質或用電器如將鍍器鍍銅可任何厚而耐磨擦用鹽强水一分劑和以水三分劑再添銅養硫養水少許鐵面擦淨而浸入取出洗淨再用銅養硫養水擦之再浸入銅養硫養水如是至鍍厚而止此不用電器卽浸鍍之法其流質內不必多含銅養硫養若用電器則將銅養硫養顆粒四分劑研爲細粉用硫强水一分劑添以水十八分劑消化而濾清此雖能鍍鐵鋼鋅而不甚黏合因鐵鋼鋅能令流質化分甚速故鐵器鍍鋼欲黏合以鉀衰水內消化之銅衰爲佳用水一斗消化鉀衰兩磅添入銅衰俟飽足再添鉀衰四分磅之一爲和合之質加熱至一百五十度自能黏合

此下各種流質其熱在法倫海衰六十度之間劑銅爲正

電性鐵爲負電性在淡輕硫水內正負較大在淡輕養飽足之水內正負較小或銅養在淡輕養消化之水內或在鉀衰鐵飽足之水此各流質初時令銅有正電性後變爲負電性又在鉀養二鉻養飽足之水內或在鉀硫濃水內則加熱大而銅正鐵負之性亦大黃銅在鉀硫水亦有同性

黃銅流質

昔用二金質合成之流質鍍成黃銅將鋅衰與銅衰二質在鉀衰水內消化即可用又法紅銅器鍍黃銅用鉀養二果酸並鋅汞膏加熱至沸以紅銅器浸入則外面變爲黃銅或用淡鹽强水並鉀養二果酸並鋅汞膏之水加熱至沸將紅銅浸入亦變爲黃銅

銅養醋酸十磅鋅養醋酸一磅鉀養醋酸十磅熱水五斗消化之後添入鉀衰令結成再俟消化後加和合之鉀衰水約爲流質十分之一此流質內用黃銅爲上路或用二上路一爲紅銅一爲鋅

美國鉀養二磅又四分磅之一在熱水六斗內消化而濾清另將銅養醋酸二兩半在淡輕養極濃之內消化後加鋅養硫養四兩或五兩掉動流質令盡消化再加鉀衰二兩而再濾清加熱至一百度用黃銅爲上路若欲深色稍加銅養醋酸若欲巧色多加鋅養硫養一千八百四十分年九月三十日有濕雪得官憲其流質用水五千分先將其一百二十分消化鉀衰十二分再在餘水內添入二鉀養炭養六百一十分鋅養硫養四十八分再加銅綠二十五分加熱在一百四十四度至一百七十二度之間待二十小時各鹽類質消化和勻之後再加淡輕養淡養三百〇五分再待二十小時添入前所消化之鉀衰水澄清之後將清者傾在別器即爲鍍黃銅之流質應用電器並黃銅大片爲上路

又有一流質亦可鍍黃銅用水五千分二鉀養炭養五百分鋅養硫養三十五分銅綠十五分鉀衰五十分又有一流質可鍍暗色黃銅用鋅綠二十五分代前鋅養硫養四十八分又有一鍍暗黃銅之流質用鋅綠十二分代前鋅養硫養三十五分此流質宜加熱至七十七度與九十七度之間方可用

鉀養炭養五十分銅綠二分鋅養硫養四分淡輕養淡養二十五分共在冷水內消化用銅板爲電上路並大力電器

鉀衰一磅淡輕養炭養一磅銅衰二兩鋅衰一兩在水一斗內消化加熱至法倫表一百五十度用銅板爲上路並

大力電器

鉀衰一磅淡輕養炭養一磅在水一斗內消化加熱至一百五十度用黃銅大板爲上路小片爲下路俟下路能鍍黃銅則流質可用若流質內銅欲多而鋅欲少或加鉀衰或令熱度更大若欲鋅多而銅少或多加淡輕養炭養或減小熱度

以上鍍黃銅之法惟最後者爲佳且能鍍厚而得本色色亦均勻其深淡可隨時酌定又易消化電上路於流質內適能足用傳電亦合法電力稍有多少亦不妨若浸鋼鐵在內不爲水所消化鋅上亦可受鍍流質或遇空氣或見光或加熱皆不變壞其鍍力惜有小病一因必加熱而後可二因宜用大電力否則上路消化甚慢鍍亦不速三因臨鍍之時或冷或熱在下路發氣以致電方幾分空費而令水內之輕養分開此外之鍍黃銅法則無此病又有鍍白銅之法將鉀衰一磅淡輕養炭養一磅在水一斗內消化加熱至一百五十度用白銅大板爲上路小片爲下路與大力電器相連俟下路能鍍本色之白銅則流質可用

汞流質

汞鹽類質爲汞養與汞硫與汞綠與汞養淡養與汞衰若作汞養淡養將硝强水一分添水三分以汞在內消化飽足而止再宜添水令淡用汞沉於盃底作上路而以鉑絲與電器相連此鉑絲套以玻璃管或象皮管汞衰之取法將普魯士藍八分汞養十六分研細粉在水三十分內消化後加熱至沸約一刻濾取其流質化氣成顆粒鍍汞之時應在鉀衰水內消化亦用汞爲上路

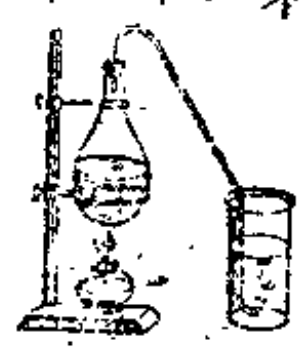
銀鹽類

銀鹽類質爲銀養與銀綠與銀養淡養與銀衰取銀養之法將銀養淡養水加以鈉養輕養俟盡結棕色之質用水洗淨而乾之取銀綠可用鹽强水添入銀養淡養水或添食鹽水俟盡結白色之質以水洗淨令乾宜置於暗室之中取銀養淡養用蒸水一分濃硝强水四分相和而加小熱漸添以純銀若流質太熱或添銀太多恐壞流質宜添冷蒸水視流質已不消銀隨令化氣成顆粒或不必用顆粒則藏在暗室備用餘有此鹽類質則或切銀鹽類質皆由此推之取銀養醋酸將鉀養醋酸或鈉養醋酸添於銀養淡養水俟盡結成而止或將銀養在加熱之濃醋內變化或用銀養炭養在加熱之濃醋內變化此質在鉀衰水內易消化取銀衰用鉀衰水添於銀養淡養水內俟盡結成銀衰在水不能消化在輕衰則能消化鉀衰並鈉衰並鈉養硫養俱易消化或云此銀衰在淡輕水並淡輕養炭

養水並淡輕綠水並鉀鐵衰水亦可消化

鍍銀之水以銀衰爲最佳惟輕衰之價不甚廉且宜速用因空氣與光能令化分如輕衰已造成十五日者添於銀養淡養水成銀衰則帶黃色且發淡輕氣並輕衰氣若用鉀衰水濾清而消化銀衰少頃流質變混而兼黑色其臭即淡輕氣與輕衰氣器底且有炭質約因鉀衰稍化分也曾將純銀在濃硝强水消化化氣至略乾再在蒸水內消化而令輕衰氣行過取輕衰氣之法將鉀鐵衰打碎爲粉添入硫强水一分水二分之內即發輕衰氣此氣行過銀水俟盡結成洗淨而存在水底藏於暗室此法結成之銀衰能作無色之流質

第三十一圖



鉀鐵衰十分盛於玻璃瓶中以硫强水六分水三十或四十分相和而傾入瓶中用酒燈加熱如第三十一圖其氣用細管通入銀養淡養水內觀圖自明按此比前節作銀衰之法稍好

銀可用浸鍍之法或用電器之法其浸鍍之法宜於小物如針鈕等但不能厚鍍將各鹽類質以水消化成膩質用玻璃箸掉和抹於器面此法有四○一銀綠一分鉀養二果酸一分○二銀綠一分白礬二分食鹽八分果酸八分○三銀綠一分漂淨白石粉一分食鹽一分二五鉀養炭養三分○四鈉養硫養一百分銀鹽類質十五分舊鍍之器脫落者塗於缺處補滿之

銀用浸鍍

器物與鋅相連而浸在流質內將純銀四兩消化於硝强水二十兩另用水一斗半消化食鹽一磅半將此兩流質相和而待其澄清傾出上面之水沉底之質爲銀綠後將鉀衰二十四兩鉀養炭養十二兩相和鎔化待冷片刻將此質與銀綠共添於水一斗半之內加熱令沸濾清備用

銀用電鍍

電器鍍銀之流質甚多然最好莫如銀鉀衰其流質可濃可淡每水一斗用銀一兩爲中數如銀衰一分鉀衰十分在水一百分內消化此流質或濃或淡皆可隨時定之

銀流質

銀養淡養一兩用水三升消化另用鉀衰三分消化於水三十分漸添於前流質內俟不再結而止若添此過多必致已結之質再消化因有此病須另用一盃分存前流質於旁而亦漸添入前流質內以補救之蓋原流質添入能收多餘之鉀衰而令消者又結也惟視不結即止添製合前流質最好用玻璃筒盛之鉀衰漸添之時用箸掉

和則能見結成與否故可添至恰好而不必用另盃內之銀養淡養添入矣即將玻璃筒安置不動俟其內澄至極清傾去上面者而留其銀衰隨用多水洗之俟其沉底而傾去水乃用鉀衰三分或三分半在水二十分內消化將此漸添於銀衰用箸掉和銀衰盡消化後再加和合之鉀衰三分而又加以水令淡核銀一兩準以水一斗視和合之鉀衰亦消化則可濾清以備用所用之水俱須蒸水其次則雨水

銀衰流質又有一法用銀養或銀養炭養或銀綠置於鉀衰水內至不能消化而止再加和合之鉀衰用此法造之可用鉀養輕養或鉀養炭養或輕綠或食鹽代鉀衰而令銀養淡養結成但此法總欲用鉀衰兩分一分令銀鹽類結成銀衰一分令結成之銀衰消化為流質前人云凡添銀鹽類於鉀衰水內則銀鹽類自欲與鉀衰一分化合而成為銀衰既成銀衰又與其餘一分化合而成銀鉀衰此質始能在水消化故知用銀養或銀養炭養亦不能省鉀衰而反多一病因其流質必雜異質在內前九十節已言若欲鍍成好金類質其流質應易消化其上路蓋流質內須含許多金質亦有好鍍水不可消化賤金質如將銀養代銀衰而添在鉀衰內則鉀衰幾分變為鉀養輕養若用銀養炭養則鉀衰幾分變為鉀養炭養若用銀綠則鉀衰幾分變為鉀綠且其鉀養輕養並鉀養炭養並鉀綠俱欲令流質緩消上路并欲稍消下路以致鍍成之質不黏合此病惟鉀綠最大

電器消化銀流質

銀鉀衰之質又可用電器成之其法雖佳亦有小病然流質不必甚多則用電器為便因可省得工夫數層即是佳處惟流質內變成許多鉀養輕養因衰與銀化合為銀衰故放鉀而鉀即與水內之養氣合成鉀養輕養所以水化分之輕氣必在下路發出此後鉀養又吸空氣內之炭養而變鉀養炭養即是其病幸此二質尚小於鉀綠之病蓋鉀綠更能壞流質也

將銀一兩結成銀養其法如下銀消化於硝強水內添以鉀養輕養令消化之質結成銀養將此銀養添入鉀衰十六兩水二斗之內消化

白銅鍍銀

銀養硫養在淡輕養炭養水內消化可鍍平常之白銅若鍍上白銅則用銀衰在淡輕養炭養水內消化製法用淡輕養炭養七十分在蒸水內消化添入銀養硫養一百五十六分加熱令沸俟盡消化若用銀衰只須一百三十四

又法水二十分鉀衰四分銀養醋酸一分此流質傳電甚好且能鍍成本色又法用水二十五分輕衰六十五分黑色鉀衰十二分鉀衰十分此流質更佳

銀衰流質每一斗有銀半兩另有和合之鉀衰甚多此流質價廉而鍍又極速鍍成之色亦好惟天熱之時不可用且上路消化甚速因有甚多和合之鉀衰在內用時流質每斗有銀半兩至四兩平常之時每斗有銀一兩或二兩和合之鉀衰其多少亦不同總在消化之銀半倍至五倍或十倍其最好者約爲銀重四分之三

又有一流質純鉀衰一分劑即六十五分銀衰一分劑即一百三十四分另加和合之鉀衰並添水令淡必用和合之鉀衰者因鍍時恐有銀衰結成必藉和合之鉀衰與之化合變成能消化之銀鉀衰顧下路受鍍之時原放鉀衰與衰但所放之二質移過流質至上路必稍費時故須和合之鉀衰先代爲化合也又云添水令淡者因在上路合成銀鉀衰重於流質而沉下下路分出鉀衰與衰輕於流質而升上此各質與流質和合因緣附之力流質愈淡其緣附力愈大而質點且更活動故用濃流質者常宜掉動若用淡者掉動可少嘗有鍍銀之肆用機器令流質稍稍泛動若無機器則應每夜掉動一次

流質內或添水少而和合之鉀衰多夜間電氣忽然減力則鍍成之銀再消化因上路消化之近處含銀多下路受鍍之近處鉀衰多電力忽減小則其方向或與原方向相反以致消化受鍍之銀

光明銀流質

鍍銀能得光明可免磨擦之功昔人曾用模鍍銀其模內有炭硫受鍍之時偶見有光明之處即試加炭硫於流質之內用之甚佳因在平常銀鉀衰之內加以炭硫或炭綠或炭綠或硫綠或鉀衰硫養或鈉養硫養若用炭硫可與硫以脫相和或用炭硫與前言之別質相和或用炭硫六兩盛於有塞之瓶內添以平常銀鉀衰水一斗搖動之停二十四小時將此流質二兩添入尋常之銀流質二十斗而攪和之每日須添二兩因能化氣散去也用已多次亦可少添若用炭輕質代炭硫則應多於二兩用此比例能得發光之銀而若用更多又不發光然能稍好於平常者又有別質可鍍光明即硫或哥路弟恩又有用碘與格搭伯查在克路羅福密內消化比炭硫更佳

鉀衰

鍍銀鍍金並鍍各種金類其流質內俱用鉀衰故能自造

爲便或不自造亦須知買來者之優劣其合製之法將鉀衰鐵打碎在鐵鍋內加熱而常掉動乾透而止又將鉀養炭養打碎在鐵鍋內加熱常掉動至極乾隨將前料八分後料三分相和極勻在鐵鍋內速加熱鎔成無色之流質其面發氣俟十五分時得暗紅色將冷鐵條插入其內而見白色爲度如熱度太過而氣盡發出則鐵端不爲白色而成灰色其鍋宜蓋密而不必掉動祇擊動其鍋俟鉀衰鐵內之鐵變爲黑粉而沉至鍋底將無色之鉀衰從鍋內傾於冷鐵盤內或在冷鐵板上令結塊乘熱之時打碎藏於有塞之瓶內

鍋底之黑粉尚有鉀衰須在熱時取出消化於水而分取之所得之鉀衰稍帶灰色若不用鉀養炭養與鉀鐵衰相和未免有灰色之形若用鉀鐵衰與鉀養炭養則鉀鐵衰內之衰三分之一與鉀養炭養之鉀化合不用鉀養炭養者其衰三分之一失去

鉀衰內之異質

平常之白色鉀衰一百分內有異質三十五分最次者有五十分其異質爲鉀養炭養鉀養硫養鉀綠鉀養衰養鉀鐵衰矽養若作此鉀衰之鹽類質不極乾燥又有淡輕其鉀養炭養與鉀綠因造鉀衰時用鉀養炭養已含鉀養硫養與鉀綠若造時用瓦器而不用鐵器又得矽養用極好之料作鉀衰約得一百分內之二十分終有鉀養衰養因鎔成流質之時遇空氣而合成也

試驗鉀衰之法

鉀衰欲考其純質之數應作兩流質一用鉀衰一兩在蒸水六兩內消化一用銀養淡養一百七十五釐在蒸水二兩或三兩內消化將鉀衰流質緩緩傾入銀養淡養流質內初時結成再漸傾入消盡即止如銀養淡養一百七十五釐令銀結成而再消化必用純鉀衰一百三十五釐故計流質之數即知一兩內純鉀衰之數準此盡結盡消之法可知流質內之純鉀衰與銀化合之數若別種異質在流質內任有若干不能與銀化合而消化

銀衰

衰與銀化合愛力極大除銀硫之外別種銀鹽類質俱能化分而銀與衰化合故鉀衰水內消化銀養或銀養炭養或銀綠或銀鐵衰各鹽類質俱化分化合而結成銀衰銀衰欲乾熱宜在二百六十度以下若以銀衰與輕衰氣相和而將鹽強水傾入則銀與衰化分若將冷硝強水傾於銀衰上則不化合亦不化分若將硫強水與水相和而加熱至沸傾於銀衰上能化分成銀養硫養而放出輕衰

氣銀衰在含綠氣之鹼類質內亦能消化惟最能消化銀衰之質爲鉀衰水故鉀衰一分劑（即六十五分）能消化銀衰一分劑（即一百三十四分）銀鉀衰之顆粒一分在冷水八分內可消化沸水則一分已消化其雙鹽類質在水消化加熱令沸甚久亦不能化分日光照入亦無妨任何酸質添在此雙衰流質內則銀衰化分而結成如爲輕綠則能化分銀衰若以輕硫水傾入銀衰內則銀結成銀硫

金流質

鍍金之法有數種如金養硫養如金硫如金碘如金溴如金綠如金衰如金衰硫若欲分取金粉可用鐵養硫養水漸添入金綠水俟其綠棕色之質盡數結成即得金粉若欲取金養則將鉀養輕養漸添入金綠水俟其質結盡而止又可將鎂養與金綠相和加熱置於水內濾取其質用淡硝强水洗之再用清水淋淨若欲取金碘可將金養與輕碘相和加熱或用鉀碘水傾入金綠水俟其結成之質已盡濾出而用清水洗之其色黃水內不能消化鉀碘水內能消化若欲作金溴可將金粉盛於有塞之瓶而用流質溴消化或將金養盛於有塞之瓶而用流質溴消化所得之質深紅色水內能消化

金綠

常用之質爲金綠其取法將鹽强水二三分硝强水一分相和加熱漸添純金於內俟不消化而止隨將流質化氣酉下之質有深紅色間有黃色此爲金綠內有金一分劑（即一百九十七分）綠三分劑（即一百零六分五）若化散之氣太多即發綠氣而金乃分離置於水內消化其鹽類質金即沉下若作黃色之金綠可用硝强水一分鹽强水三分金粉一分加水一分而共盛於瓷鍋以玻璃片蓋之稍加以熱俟紅氣發盡而止金或消化未盡可稍添流質而再加熱紅氣既盡去其玻璃片而換蓋鞭紙化散其氣而冷之即成黃色之質其紅色者之作法亦同惟用硝强水一分鹽强水二分此種合强水四兩能消金一兩如法乾之即成紅色之質得重一兩一百六十五釐

金衰

金衰之製法將鉀衰一分在水六分內消化金綠一分在水五分內消化隨將二水相和即有黃色之質結成若多加鉀衰則結成之質變赭黃色更宜鍍金之用若用鉀衰更多又變棕黃色此結成之質爲細粉空氣內不能化氣若加以熱即化分爲金與衰氣金衰若非新結成者則三種强水俱不化分合强水亦不化分設能化分亦甚慢輕硫亦不能令化分若用淡輕硫則可慢慢消化而成無色

之流質若加以酸質則結成金硫金衰在水內醋內以脫內俱不能消化若用淡輕水並鈉養硫養並舍衰之鹼類質即能消化

金綠之流質內添以鋅養硫養即結金粉添以鉀衰水而加熱令沸即消化其金粉鉀衰水內又可消化金養或淡輕養金養消化之質爲金鉀衰若欲消化金衰一分應有鉀衰二十三分先在水內消化若用電器消化金質一分應先消化鉀衰六分鉀衰一分用水四分消化如照此法即用金爲上下路凡金鉀衰一分能在冷水七分內消化或用熱水半分消化醋亦能消化金鉀衰幾分若將金鉀衰在水內消化可將銅或銀用浸鍍之法加熱則更易鍍惟流質內或銅或銀亦欲消化

金用浸鍍

先將金小粒五兩添入市權合强水五十二兩加熱至不發霧而止待冷之後將流質傾出而添蒸水四斗再加鉀養二炭養二十磅加熱令沸二小時所浸之物歷時或幾秒或一分按物受鍍之難易或按流質之冷熱熱則易鍍新作之流質比舊者更合法又有一種流質可鍍銀物即將汞綠一分淡輕養炭養一分共在硝强水內消化隨以純金添入令化氣至半乘熱而擦於銀物即能鍍金一層鹽强水四兩硝强水八兩消化純金一兩而令化氣將鉀衰鋅二十四兩鉀養炭養十三兩相和鎔化畧冷而置於清水二三斗內加熱令沸消化之待冷之後用紙濾清遂將前化氣將乾之金綠添入加熱令沸十五分時將欲鍍之物與鋅相連而同浸於內此流質之熱應有法倫表八十度或八十五度

金用電鍍

流質原有多種而好者不甚多其一金並鈉養硫養法將金綠在鈉養硫養水內消化此法未盡善其二金硫並鉀養先將鉀養硫養加入水內即將此水六分之五消化金養至足爲度將所餘六分之一添入前水其三在水內消化之金綠此法亦不佳因賤金欲令流質化分其四金溴將溴一分醋一分作流質即將此流質一分醋一分並含數滴硫强水之水四分相和此內以金作上下二路而與電器相連俟滿含金質再加水三倍亦添硫强水數滴電器鍍金極佳之流質係金鉀衰水若欲製此流質可將金粉在鉀衰水內消化或任用一種金鹽類質又可用電器消化純金成流質即用鉀衰水加熱至法倫表一百度與一百五十度之間用金作上下二路而接以小電器俟其下路受鍍則此流質可用

金鉀衰原有鍍金常用之質先作金綠如前法將此金綠在水消化再將鉀養輕養水添入俟不再結而止濾取其質用蒸水洗淨即得又法將金綠水添以鎂養稍加熱濾取結成之質先用淡硝强水洗之次用蒸水洗之又法將金綠水加以淡輕養炭養俟不再結成而濾取其質以水洗淨前所用鉀養輕養或鎂養添於金綠水內所結之質爲金養若用淡輕養炭養者爲淡輕養金養此質爲金養淡輕爆裂之性極大此質洗淨而再換清水數次乘濕之時可添入鉀衰水內消化此鉀衰水每水一斗消化鉀衰一磅俟其質盡消化之後再加和合之鉀衰如前水五分之一或用金一兩鉀衰一磅水一斗前所言洗淨結成之質其水不可輕棄恐尚含金試將光明之鋅片浸在其內鋅面若有黃色之物即是金質可用鎂養硫養水添入自有碧色之質結成若鎂養硫養水不能盡結水內之金質即將光明之鋅片久浸水中其金自能盡粘於片上後將鋅片浸在水內而添硫强水數滴用硬刷刷下其金質原來所有之金綠水其和合之配質並所加之鉀養輕養或淡輕養炭養愈多則洗水之內所含之金亦愈多所以配質不宜多用若將金綠在水內消化而器底見有黃色之粉即知鹽類質內並無和合之配質可將合强水令重消化但須加熱

電器消化流質

鉀衰在熱蒸水內消化水用一斗鉀衰用一磅將此傾入外筩略滿而將內漏筩置於外筩之內後將大金片爲上路而浸在外筩再用光明之小紅銅片爲下路而浸在漏筩之內其二通線與發電器相連金電上路連於鍍鉑之銀片銅電下路連於鍍汞之鋅板待若干時可將下路浸在外筩試之若能受鍍其事即成此時之流質宜熱至一百五十度後可將漏筩內之流質并入外筩之流質內凡流質內含金之數不論多少總須浸下之物鍍得合法大略流質一斗含金在半兩與四兩之間

何兩奧處金水

鉀衰十分蒸水一百分消化用紙濾清加以金衰一分此金衰須擇極淨之質且須乾燥而常藏暗室之中者其流質盛於有塞之玻璃瓶內常熱六十度至七十七度藏在無光之處二三日屢次掉動之

匹克耳金水

水一百分先消化鉀鐵衰十分次消化金綠一分以紙濾清而去其鐵衰後加鉀鐵衰飽足之水一百分而將流質冲淡至三倍因流質愈淡則受鍍之金愈明又含鐵愈少

則金色愈佳若鍍成之後不甚光明可將受鍍之物在微含硫强水之水內洗淨用麻布擦之使明

非助金水

一用乾金綠一分在蒸水一百六十分內消化另將蒸水消化鉀養炭養而漸加入金綠水中攪水變混即能合用

二用立里蒲耳法金綠一格法國權名每一千爲英兩磅餘鈉養硫養四格在蒸水一里脫內消化

立里蒲耳金水

中立性之金綠在蒸水內消化次加鉀硫養水俟結成而重消化流質稍有幾分鍍成之金重消化若無此性亦須添以鹽强水數滴使能消化

得布里耶金水

金三十四格以合强水消化而令流質化氣結成中立性之金綠遂將金綠在温水四千格內消化再加以鎂養炭養粉二百格此鎂養先用篩篩之流質內有金並鎂養結成可用紙濾出而用清水淋淨將此質在硝强水三分水四十分內加熱消化則其鎂養全消化將所餘之金養以水洗之至所洗之水無酸性而止後用鉀養鐵四百格鉀養輕養一百格在四里脫水內消化添以金養而加熱令沸約二十分時金養消化之後器底必有沉下之鐵質以紙濾清此流質有金黃色任何熱度俱可用以鍍金

愛墨愛耳鍍金肆之金水

一金養三十一格又四分格之一再用鉀養五百格水四里脫沸至半小時此流質臨用須熱可鍍紅銅黃銅與銀

二用鉀鐵養十分乾金綠一分在水一百分內消化即有鐵養結成將此流質在瓷或玻璃器內沸二小時俟結成者沉下即得淡黃色透明之流質以紙濾清加水三倍近有法用格搭伯查等質作模鍍金或銀如表面或鐘面其模或刻深花紋可將金鍍出如鼻烟盒等繁花紋之物用鍍金法甚能省工將純金一兩在合强水內消化再化氣至乾和水二斗並加鉀養十六兩加熱至一百二十或一百三十度即可鍍物

鉑鹽類質

白金只有一種鹽類質即鉑綠用鉑箔在合强水內加熱消化至不發氣而得紅色之流質再化氣至畧乾

鉑流質

銀面鍍鉑可用水三體積硝强水一體積相和以鉑綠消化於內以銀浸入則受鍍或用鉑綠在水內消化加熱後浸銀於內亦能受鍍凡一切金質皆可浸在鉑綠水內鍍鉑若用電器當用鉑磺或鉑溴或鉑綠或鉑鈉綠此質之

伯法將鉑綠一分劑即一百六十九分七食鹽一分劑即五十八分五在水內消化另用小面積之鉑上路並微力電器所鍍之鉑甚好又法用鉑綠並食鹽在鉀養輕養水內消化所鍍之鉑更好

鈀流質

鍍鈀用鈀鉀衰爲流質如用化合之法可將鈀在淡養水內消化而添以鉀衰水結成用水洗淨而再在鉀衰水內消化以飽足爲度後添和合之鉀衰水少許若用電器之法作此流質即鉀衰水內用鈀作上下路俟受鍍而止此爲好流質易消化電上路且易引電能厚鍍而成本色在流質內受鍍之薄者可作照像之用

美國 金楷理 口譯
無錫 徐華封 筆述

雜說

整理受鍍之物

鍍金者已知流質並用法即應知收拾受鍍之物此將各金類之物先洗淨之而並用粘合之法然亦各事不同鍍於金質固欲粘合若以作模而必脫去者又不可粘合

鋅鐵銅洗淨之法

凡鋅或生熟鐵或鋼欲其受鍍須先浸於鉀養輕養水內令沸幾分時去其外面所有之污穢取出而洗淨之生鐵之物宜用八十二節浸鍍之流質及酸質消化之外面若不光滑其流質應濃若光平者即可淡從此流質內取出而再在水內洗淨生鐵粗而銹多須屢次浸在八十二節之流質而又擦淨之

紅銅黃銅白銅各質鍍銀之前應在鉀養水內令沸取出洗淨浸入微含硝强水之水內或八十二節之流質內再用水洗淨而浸於八十四節之汞衰或汞養淡養水內方可浸入鍍銀水中

器物不甚污穢祇浸在鍍金質之流質內與負電極相連所有不淨之質即活動若為甚污或為貴質不可如此凡浸物於八十四節之汞流質須先在水內洗淨去其一切酸質若器物上已定欲鍍金銀之數即先稱其本物之重而記其數俟鍍成之後而再稱之即知加重之數

銅絲掛物

受鍍之物潔淨之後即用銅絲相連而掛在流質之內絲之大小不同若為小器或杓或刀或叉或燭剪或茶壺或瓶等物可用二十號半之銅絲器若甚大如帽架或鐵欄杆應用堅固之銅鉤掛之或用銅絲鋅牢

粘合金質（一百七十六節）

器物之面污穢必無粘力故在紅銅黃銅白銅等物鍍銀先用八十四節汞流質浸之否則銀不粘合雖能粘合不能通體平勻所以潔淨為最要之工夫潔淨之後乘濕浸於鍍水內所鍍之金質最難粘者惟鐵鋼鋅之器或波爾推尼耶（即英國別名）金質（內有錫鋅相和之器）

金質不粘

金類質之物即以為模而所鍍之金質能脫下先應潔淨而再令稍與養氣化合然後浸在鍍水中即不粘合又法將蜜蠟少許肯沒非吳（含炭輕之油質自能化氣）四分升之一消化用棉花沾而擦於模面亦不粘合或用橄欖油擦之隨將棉

花揩淨之亦能不粘

免鍍受鍍

油漆蜜蠟等質俱能免鍍如將銅錢爲模用其陽面而不用其陰面則以油蠟等質敷於陰面以免鍍或有一器外已鍍銀內尚欲鍍金則將銀面敷漆一層至金銀交界之線若流質爲鍍金之用且熱用之質則在不要鍍之處敷以若派爾漆爲西國上好漆若爲冷用之質並平常之金類質則用平常之漆或將火漆在那普塔其質爲炭輕內消化以代漆

作模之法

設有一錢二面俱花紋則用八十五節內之海膠並樹膠相和之質以薄銅皮濶約一寸依錢之外周 挽成一圈粘其接處即將膠質傾入圈內從心至邊用手重壓之擠去中間之氣泡乃用鉗將兩面夾緊初時寬夾及膠已冷則漸加力冷至二小時模子因擠緊即自能脫下若不肯脫下可用螺絲鑽鑽膠而拔出之按法爲之一切細紋皆印清

凹凸力之模

金質面上有突起之人物則用八十五節凹凸力之質作模以便脫下先用硬紙在金質面之外周作一圈次用熱膠傾入此模膠應濃如糖油後用細長毛刷刷於模膠之下面令空氣泡散出俟二十二小時自載取去硬紙拔出膠模若有中空之上半節人像可用砂質之而用薄板遮其孔次將人像置於圓柱形之器此器應比像體稍濶稍深以周圍有空處爲度將膠傾入漫過其頭顱數寸傾時宜稍稍擊動令空氣泡升出俟二十小時模膠牢固從人像之背剖開令像脫出若入像爲石膏所造則先上油恐膠與之粘合也或爲石膏之器具亦宜上油

模殼引電

模面傳引電氣有二法 其一刷筆鉛粉於模面 其二貼金箔或銀箔一層模殼爲樹膠或蠟或漆或含油之石膏所作而其物像爲扁形 如洋錢上人形等 即用第一法若爲凹凸力質之模不能刷黑鉛則用第二法

模面刷筆鉛

設模小而圓樹膠或海膠所作先將十六號或十八號銅絲磋尖插入模內再用二十八號或三十號細銅絲近面繞之其絲之二端與尖銅絲繫連後將軟毛筆勻刷黑鉛其筆毛宜短而厚刷鉛之時可噓氣於模面令鉛易粘模面盡黑而明可吹去其有餘者若爲小物則第一次刷鉛需十分或十五分時下次可稍省工模或甚大且有深凹

應將細銅絲數根一端與粗銅絲相連一端刺入凹處以爲引電之用或擱在面上亦可若不用此法則深凹所鍍必薄

凹凸力質引電

先將粗銅絲與電器相連次將細銅絲幾根一端繞於粗銅絲一端刺入凹處離粗銅絲最遠之處即將模浸於八十七節燐流質內或用刷之亦可俟燐流質流下模面燥乾再浸於八十七節銀流質內俟面有黑色似金質之光即取出而在清水內漂淨之後浸於八十七節金流質內俟模面變黃色亦在清水內漂淨即能引電

燐模質

燐料如八十七節者作模若物件爲扁形之像而有鏤空之處則用凹凸力之質作模而將此質乘熱傾入凹凸力之模內不可太急恐致鎔化凹凸力之模若用此料作模不必浸於別種流質內只浸或銀或金之流質內

玻璃引電

玻璃器欲鍍金類可用燐銀金三流質浸之然未盡善不如用淡輕硫一分醋三分銀養淡養二分蒸水三分先將銀養淡養在蒸水消化後加淡輕硫與醋而搖之停片時澄清將清流質傾在受鍍之玻璃器內此器宜極淨再將淡醋內消化之葡萄糖四分重之一加入流質內調和後加熱至一百五十或一百六十度遞二十分或半小時器之內面即受鍍遂將流質傾出蒸水洗淨用細銅絲將鍍成之箔與電器相連再用任一鍍金蒸水傾入另用一上路或金或銀或銅向來玻璃或瓷欲其受鍍而粘牢祇有一法在玻璃廠內用金箔燒入其內後再鍍上金質

浸物於鍍水

鍍金者將一切物件齊備即可浸至鍍水內先宜將電上路浸入而與電器相連後以受鍍者浸入

加減電氣之力

鍍金之要應有恰好之電力此事有數法或改電器或改鍍金器或改相連之銅絲若欲加電力可加電器內鋅板之數或加電器內流質引電之力或令鍍水更有引力如加電器內流質引電之力可稍添和合之強水若加鍍水之引力即加鹽類質於內又法將相連之銅絲粗而短若欲加大積面可將電器內之鋅板浸深或用加電力之法若欲減電力並減其積面可將受鍍之物與上路相離稍遠或用長而細之鐵絲使緩傳平常加力之法俱將電器加多若加積面即將鋅板浸深或加流質之熱使加力或將受鍍之物與上路相近

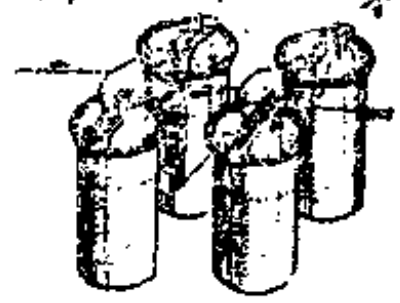
積力與積面之別

電器之積力與電器之數相關電器之積面與強水內之板面積相關不論浸之面積或在一箇器內或在多箇器內其力終同此言電器之積面不與電器之數相關但與浸之面積相關故電器可相連而或加或減其積力並或加或減其積面設有四雙板在四筒內相連如第三十二圖爲魚貫之式其銅絲與鍍流質內之上下路相連即有四箇電器之積力而但有一箇電器之積面此名濃電氣若將四塊鋅板與一銅絲相連四塊銀片與又一銅絲相連如第三十三圖爲雁行之式亦令銅絲與上下路相連即得四箇電器之積面而但有一箇電器之積力此名淡電氣又可用雙項電器之法每一項內有二器先令若干銀鋅相間置之再令每一雙同類相連又令不同類者相連如三十四圖後用銅絲連至鍍水內之上下路其電器須同式照以上各法有一百雙電器可得一百器之積力而得一箇電器之積面或得一百積面而得一箇積力或得五十積力五十積面

第三十二圖

第三十三圖

第三十四圖



金質消長

流質內消化之金質並鍍物之金質與每一電器一銀一鋅需用之強水俱有正比例若鍍水甚好電器甚好物料亦好每一鋅一銀之電器內消化之鋅一分劑則上路亦消化金質一分劑而下路亦受鍍金質一分劑如電器每用鋅一分劑即三十二分六硫強水一分劑即四十九分而銅養硫養流質內鍍銅一分劑即三十一分七或鍍養流質內鍍銀一分劑即一百零八分其上路亦消銅一分劑或消銀一分劑然平常鍍金之料未必甚好且安置之法亦未盡善鋅片含別質或未雜錫或雜鉛硫強水則雜淡養或電器內之強水太濃間有空費強水而消化之力不甚大或鋅板上之汞不好或銀片上鍍鉑不好或不用之時仍浸鋅板於水內或上路之金質含異質或受鍍之金質再消化此因電力太少或因不掉動流質故有此病又有一流質內電力幾分自用而在下路發氣若犯此等弊端則消化鋅板一磅半硫強水亦同數祇能鍍銅一磅

鍍金質之性軟硬不同

電之積力愈大鍍得者硬而明電之積面愈大鍍得者軟

而粘力少若欲鍍得者硬而成明顆粒之形宜用積而少若欲軟而成黑粉應用積面大故用平常積面平常積力即有粘合本色之質此事應用好流質且所鍍之金質如銅銀金等亦須上等若銻銻等顆粒之金質即不能照本色鍍之

如有一雙電器欲鍍本色之金質必須流質合法其上下路與強水內之面積相等若欲改本色之金為黑粉可令鋅板入水更深又令上路加大若已鍍本色之金質而欲改為顆粒則應多加幾雙電器按魚貫之法排列之而將板稍浸入幾許且用一小上路

此與下路受鍍之面積亦相關設有常用之電器在一小物之上成黑粉後換以大物即可變為本色之金而不為黑粉再換以更大之物即可成顆粒之金質因是知黑粉形為鍍得太快之故顆粒形為太慢之故

大器物漸漸受鍍

受鍍之物不易傳電欲其受鍍而周遍宜用積力大而積面少其先受鍍之處更可免不粘合之病若電氣有大積力而小積面鍍金質之質點有一箇極吸推力及粘合在上之時能推去傍邊之金質如是屢鍍屢推則通體皆受鍍矣若歷時久而鍍得厚天氣又冷則鍍上之金質易碎若鍍得太快其流質不甚冷則其碎壞處之稜角成圓形若流質冷而不掉動之且鍍得慢則其稜角漸成銳形昔曾試驗用淨樹膠鍍鋅在天冷之時且用一百雙司米電器之力所用之積面甚少則淨樹膠亦能上鍍數方寸其鋅甚凝結又用樹膠所作之牌欲鍍銅其上已刷筆鉛用積力大而積面小鍍好之後其牌之近邊有一線稍凹進而線之內外皆比線上鍍得厚其邊外又有許多粗顆粒之銅質比線內受鍍之銅質多

電器用法

電器內用硫強水一分水二十分更濃者硫強水一分水十分或十二分若用此種濃質應常加鋅板上之汞甚是煩費且流質濃而電力大又須每日留意鋅相上或有化合之質或多出氣銅片或銀片上出氣鋅板上有何不光明之處急宜加汞鋅板如新作應屢次加汞若已用久每隔數日加一次更久則不必多加因電力易於減少也鋅片消化至穿破可用小熱鎔鑄且亦耳簧心圈條熱度若大汞必飛散舊鋅板又可在鐵甑內加紅熱而令汞透出受以水盃

夜間不鍍應將鋅板取起電器已用數日而其力減小須添強水或日久而變為油膩之形多含鋅鹽類並結於器

邊即可棄去而換新者或熬乾使成鋅養硫養銅片或銀片之面鍍鋅即知强水已用盡亦應添强水或換新司米電器蓋舊法之鋅銅電器常有此病別法不在此例

銅片或銀片已鍍鋅即添强水而令鋅消化或將受鍍之銅或銀浸於別器之淡硫强水俟鋅消盡

電器內若用銅片則每十天應加紅熱一次而淬於水內又浸於八十二節之浸流質內或淡養水內若用鍍鉑之銀片而變爲淡白色宜再鍍鉑否則減少電力此事每過二三月可重鍍一次凡重鍍之時即多加電力鋅板溼時不可遇銀片或銅板恐有汞相粘而減少電力若溼鋅板遇薄銀板且能破爛

電器內之流質

鍍金之水與電器相關有三說　一鍍金之流質內除水之外不加別質爲妙恐改化合之性　二加減積力或積面最好不改鍍金之流質惟上下路之相距與流質之熱度可以加減　三金質消化之面積宜大於受鍍之面積

流質內消長二物

對面掛起受鍍之物略高皆令浸在水內不可露出水面舊法俱將上路掛高此法不甚佳因消化之片上必含雜質亦能受鍍而不純且不便取出看其合法與否受鍍之物若爲凹凸之形則消化之物亦應凹凸其形而令各處之相距常等設有不能亦宜搖動遷就而使相距略等始得各處鍍徧否則凸處必甚厚所以消化之物與受鍍之物愈近則鍍成愈快流質若多亦快於流質之少者且流質多則易令各處厚薄均勻銅絲若粗則快而不能勻

兩物搖動之法

鍍水之內設爲銀鉀養二硫養電力太大而受鍍之銀不甚佳即可搖動之自能鍍勻有人用常常移動之法在掛物之架連以小輪四箇而置於斜面上用機器或水力帶動之

流質之熱度

鍍流質有宜熱用者設爲金鉀衰銅鉀衰等物不熱則不易傳電雖受鍍而不佳故須加其熱度

流質不可遇光

鍍流質爲銀鉀養二硫養並銀鉀養二硫養俱不宜遇光平常銀衰質亦不宜遇光

通電銅絲

凡用電器鍍金其電氣通路完全且容易引電又看本物若不能引電則必設法令引電又細察物件淨否又看銅絲在遇物之處宜淨

鍍銅流質

一百二十節所言銅養硫養水凡有鋅鐵錫鉛鋼俱不受鍍所以此等金類先應用一百二十節之銅鉀養水薄鍍一層清水洗淨隨浸於銅養硫養水內鍍加厚之銅

鍍銅之用

鍍銅之用處甚多如旦尼電器之外筒加銅板或銅板之副板如印花號轆如鉛活字之模如鋼筆如鋼鐵之器免鏽如玻璃器如石膏等質之人像如植物學之樹葉作模俱可鍍銅

鍍銅法造成銅物

旦尼電器之外筒先將玻璃筒或瓷筒用蠟或松香或鯨油在筒內成模而勻敷筆鉛或金銀鋅流質令引電氣或用八十七節之燐模質加金銀流質模下穿一細銅絲而將銅養硫養水略滿於模內再掛一銅片後將發電器相連於銅片與銅絲又可不用發電器模內略滿銅養硫養水之後即置一漏筒而內用鋅一條將細銅絲與鋅相連模內亦可鍍銅此以燐模質為最妙若有刻字之銅板欲作一銅板宜用可派耳漆敷於銅板之背待乾而浸於銅養水內薄鍍銅一層洗淨之而隨浸於銅養硫養水內歷二十四或四十八小時令厚揭下而再在此銅板上鍍之即與銅板同

西國新聞紙上之圖用本板作模鍍成銅板先在木板之四周作凸邊而以水溼其板次將樹膠傾入板面從中心向四周攤平將冷鐵板蓋在膠上用鉗夾緊揭開木板即得板模加以傳電之質而用細銅絲穿入浸於銅養硫養水受鍍歷十二或十八小時即可將銅與模分折此時銅板尚薄故在背後加以鋅絲水而粘鉛一層再墊木板令與鉛字同高即可刷印倫敦多用此法若有鋼板亦可同法為之

又法先用樹膠海膠相和作模之後將漆一體積與木油即炭輕四體積相和用毛筆薄刷一層乘溼之時用黃色之銅錫粉三體積白色之銅錫粉一體積相和薄敷極勻此須用極軟之刷擊灑於其上即可浸在銅養硫養水中其白銅錫粉大半都是錫黃銅錫粉內都有銅錫粉在銅養硫養水內受鍍銅粉因與錫相和故能鍍銅此粉之上不論黃白鍍銅俱快若不用電器亦能鍍銅然用電器更好並可任何厚薄初試驗時只用黃銅錫粉故必用電器歷時不過三五分若用筆鉛須二十分至四十五分再加錫粉受鍍更快如燐流質同然用燐流質則受鍍之金甚脆此法則不脆或不用黃粉而但用白粉亦不甚好此

法鍍成之銅板最明淨銅質亦佳但不及用筆鉛者平光而細

鉛字之銅板

昔人之法將鉛字以樹膠爲模今美國俱用銅板法與上節作木板之銅板略同若用八十五節樹膠海膠合質比此模料更妍一因壓成板模印得更清受鍍亦更快且軟而着實故壓力亦可少又有用燐流質者然此易於發火其氣且甚臭上鍍之金亦不凝結故用葡萄糖水與鍍玻璃之法或用阿而特海脫（酸質與醋質之中間）或別質代燐爲宜

板模已成又可上筆鉛但須上好者用軟刷勻敷於模上模在流質內恐起泡可用樹膠大泡上連曲玻璃管如第三十五圖吹滅水中之泡所用之流質宜純而清字能清硬又易脫墨或不用樹膠而用石膠作模者亦不甚佳凡鍍銅之事房內須有一定之熱度流質之器有蓋故能在八小時內成一板用大電氣

第三十五圖

鐵絲或銅絲鍍銅先洗淨之而在銅衰水內用電鍍銅薄層次依上法用銅養硫養水即可通體鍍成鐵螺絲或鐵釘亦以同法爲之

達丐而法照成之相鍍銅

銅片背面近邊之處銲以銅絲用漆敷於銅片之背與邊待乾而掛在銅養硫養水內此水不可有油質浮在面上後與二雙司米電器相連歷二十或三十小時受鍍已厚取出洗淨揩乾剪去其邊在剪之夾層處可用刀分開而揭下若達丐而照相用非查法照成者可依本法鍍成數個但漸鍍漸不清楚若原照之法甚清又兼電力平勻不斷形像鍍在銅之背面或爲正或爲反

石膏物件並花果等鍍銅

石膏所作物件外而薄敷胡麻油而刷以筆鉛或燐金銀流質在凹處用小銅絲相連而浸在銅養硫養水內此水不可有和合之强水只可薄鍍厚則石膏上之花紋不清楚凡鍍花果或蟲魚等應在物之外面用燐金銀流質或用浸鍍法或用電氣法在中立性之銅養硫養水內

布上鍍銅

鍍布之法將布舖在略凸之銅板中有隔層如蠟等質銅板之背敷以漆流質內稍加和合之强水並電力鍍之俟布孔受鍍之後去其銅板而洗淨之

反用鍍法作銅板

銅片之背敷漆而面敷蠟用針劃去其蠟成花紋浸於銅養硫養水內爲上路對面用銅或黃銅爲下路電氣從刻

紋內透至流質遂浩去花紋之銅或深或淺按下路之遠近與大小最淺之處能最深

用模之法刻銅板

銅板之背敷漆而而敷刻字料（即油蠟等）（護銅之料）用針刻出字形凹紋此爲模子之用刷以筆鉛在銅養硫養水內用電器鍍之可以刷印

銀流質之用法

凡鍍銀質宜比鍍銅加慎如有鋅或鐵或鋼欲鍍銀者先在銅養水內薄鍍以銅次在銀養水內鍍銀又如錫銻相和之物或純錫之物鍍銀須先浸以熱鉀養水取出不洗而速浸於銀養水內此銀養水多加和合之養上路宜大而電力亦宜大數分時後薄鍍銀一層再置於平常鍍銀流質內令厚若有鉛器鍍銀先須刮光其鍍法同於錫器又有銅或黃銅或白銅之器鍍銀須揩刷極淨浸在八十四節之汞養淡養水內或鉀汞養水內以清水漂洗而浸於鍍銀之器用汞養者銀之粘力更緊

鍍金之變事

一薄銅板兩塊形式同面積同一板密鑽小孔一板無孔同時浸於銅流質內電力亦同有孔之板面積雖小而受鍍慢　二銅絲罩與薄板所作之罩則薄板之罩受鍍快

三同類之金質兩塊如鍍（[illegible]）水內或浸於熱鉀鉀養內二鐵之外面積相同一爲薄板一爲實心塊則薄者鍍得快　四鍍金之物如乃其背必生顆粒刀面則光明如鏡

受鍍明光之銀流質

鍍明光之質難於平常之法設用法不勻必漸改其光明之性若將受鍍明光之物在流質內搖動或震取出則不能光明且流質內略近之物亦因振動而不光明若添明流質太多即又壞其原流質電器濃用大積面小積力電上路之色比平常之上路稍黯所鍍光明之銀質更硬略似鎔化之銀其鍍法從上端起而至於下端鍍得幾分則自下至上兩端相遇鍍物上設有極小之孔必生暗色條痕

鉀養加於銀流質

銀養流質用過數次宜加鉀養因流質常吸空氣內之炭養氣即與鉀養化合成鉀養炭養而放出輕養氣故必稍加鉀養以補之又有鉀養幾分爲別故而化分發出淡輕氣故凡消化之銀片失去白色而變黃灰色即是鉀養之證夜間停工之後宜即加之搖動流質以前半小時可加銀流質甚濃而銀鉀養之分劑照例則此質易引電氣受

鍍甚快光色亦好但有一病常在天熱之時蓋質點之移動不易必致流質之上面銀少而和合之衰多下面銀多而和合之衰少故上路之上半速消化而受鍍之上半慢受鍍此因上半鍍得棕色而非本色且有紋形而不光平欲免此病每夜停工之後掉動流質或加以水或使電力平勻常見鍍銀之流質多有紋形之病受鍍愈快則愈多流質愈淡則愈少

銀流質過濃而和合之衰過多則紋形之病更甚天熱之時更不可用且有輕衰並淡輕氣發出應加銀衰與水而置於涼處常宜掉動所用之法常宜不改凡新造之流質或用久而有病之流質常掉動之漸能變好設上路之銀片速消化受鍍之銀色不甚好即知流質內和合之鉀衰過多

銀流質過淡則引電難而鍍亦慢所鍍之色成死白宜加銀衰鉀衰免其病用之數次即宜留意更宜常常掉動

乾淨鍍銀之物

鍍成之後須在清水內洗淨其粘連之質又置於乾燥之木屑內盪動而擦淨之極乾之後秤其加重若干按第八十節用擦光等法或有幾處令與養氣化以美觀或用鉑絲熱水如一百七十六節之法令成暗色此流質愈熱含鉑愈多所成之黑色愈深用鉑硫亦可成此黑色若欲棕色可將銅養硫養一分並淡輕絲一分在醋酸內消化而拭於其上若欲成雪形之銀則將不欲雪形之處加漆一層其不加漆之處薄鍍以銅洗淨之後再薄鍍以銀

消脫銀銅

鍍銀之器舊而斑駁欲脫去其餘銀用濃硫強水添硝少許而加熱俟硝消化將器浸入銀即消化若消化太慢再稍加硝而再加熱其器留在強水不甚久大約銅亦不與強水化合後將此物洗淨之而重鍍銀硫強水內所含之銀可以分出加水令淡而加食鹽即有銀絲結成洗而乾之與鉀養炭養相和而鎔化即能得銀

銀上鍍銅而欲脫去可在淡輕絲水內沸之或在銻絲水內沸之作銻絲水將銻養在輕絲水內消化此質能使金銀上所鍍之或銅或鉛或錫脫去而不與金銀化合或用鋅絲水或用電氣而將鍍銅之物當上路惟其電力宜小

試驗銀質

辨銀之純雜用水三十二分硝強水四分鉀養鉻養三分將銀浸入即變為紫色所含之雜質愈多則其紫色愈淡而愈似死色若為純銀必鮮明而紫別種金浸此流質內並無紫色

試驗鍍銀流質內含銀之數並和合之養數先量銀水得其數次加淡硫強水令結成此結成之質即銀養洗淨而乾之一百三十四分之內應有銀一百零八分欲知和合之鉀養有若干即將銀養淡養消化於蒸水而添入銀養鍍銀流質內俟有結成之質而再消化即不再添遂算所用銀養淡養之數每用銀養淡養一百七十五分即知和合之鉀養一百三十分大約銀養淡養與鉀養有四與三之比

鍍金流質之用法

金養鍍流質須盛於有釉之鐵盆而用小火加熱或用瓦盆或玻璃盆盛之而燔以熱水欲加熱者令其物受鍍能厚而且速故歷數分時而已可然欲厚鍍必須屢次取出刷而再鍍若有鐵或鋼之物鍍金先在銅養水內薄鍍銅然後浸於金水其電氣器爲兩雙司米法其大小按物之大小因加熱之故水必化散鍍畢之後量添以蒸水

鍍金顏色之改變

流質齊備之後即用紅銅片爲電上路設受鍍之金色不好可換金電上路蓋銅電上路其色必深流質愈熱色愈深若欲淡色應用金電上路熱度亦宜小

依化學之法收取金銀

金流質與銀流質之變壞者即宜收取其金銀銀水變壞約因多加光明之質或多加鉀養而天氣炎熱或過於要好而另加別質設銀水爲尋常之銀養水欲收其銀先將流質化氣至微乾以所留之顆粒碎爲粉再得其重次將鉀養淡養一分食鹽二分與前粉等重和勻置鐵盆內烘至極乾即盛於有蓋之罐內加紅熱銀即鎔化而沉於罐底遂傾於多水之內此銀不能再作鍍銀之用因雜銅質也

金鉀養顆粒燒紅之即鎔化而發氣若遇空氣則分爲養氣與淡輕氣並鉀養故俟紅時隨將鉀養炭養等體積和入而得金若將銀鉀養顆粒在硫強水內加熱則發輕養氣而留銀與鉀養硫養又法加碘則放養而結成鉀碘亦得銀養

又法銀鉀養水加以鹽強水而沸之即成銀綠並鉀綠若將硫強水或硝強水或草酸或果酸或醋酸添入而沸之亦同

用盡鍍力之流質收取金銀之法

流質內尚有餘金者烘乾之而取其質研細以密佗僧和勻加以紅熱鎔化之即得金鉛後用溫硝強水消去其鉛金即沉下爲棕黃色之絨質

銀鉀衰水添以鹽强水至有酸性即得白色定質名銀綠將此加熱即鎔化而變爲黃色

銀鉀衰水加熱化氣至乾取其質加以紅熱鎔化不可太熱恐面上起泡也顏色爲棕在水內洗淨即得多孔之銀其洗銀之水尚含微銀添以鹽强水少許則結銀綠金水亦同

銀流質內用鋅令銀結成者試添以濃鉀衰水而屢次搖動數時之後再加以鹽强水即有銀綠結成用此法可試分取金銀時漂洗之水內尚有金銀否

銅衰與鉀衰水添以鹽强水或硫强水至有酸性即結紅白色之質即爲不含水之銅衰也將此質洗淨而在鉀養水內沸之即成銅養其色紅再將鉀養水濾出而添以青礬水即結暗藍色之質若將前紅白色之質在硝强水內消化而添以銀養水即結白色之質此質洗淨令乾即變成銀故可知白質即銀衰也

前所結紅白色之質和以鹽强水硝强水合强水淡輕水鉀養水皆能消化

金綠傾於純鉀衰水內漸能結成黃色之質即金衰也加熱則更速結成之後將水濾去欲知水內尚含金否可將水加熱化氣至乾以留下之質加更大之熱鎔化再在水內消化而再濾之又得餘金

常鍍銅物之銀水加以輕綠水則結白色之銀綠而稍帶紅色雜銅衰也此因銅物鍍銀之時其銅稍爲銀水內之鉀衰所消故銀水愈舊則銅衰愈多常鍍或銀或銅或黃銅各物之金流質內必襍銀銅少許若鍍金之物爲銀銅相合者更易消化試加以鹽强水使結金衰其色不純黃而竟有綠色足見多含銅質也曾用銻物鍍金其結成之質爲普藍即銻衰前言之綠色即此故也試以綠色之質在合强水內沸之濾取其水使化氣結成顆粒再在極淡之鹽强水內消化再加銻養硫養而加錫鹽類之質則結紅棕色之質將此質在合强水內消化則化分金衰而合成金綠

賴有以上各法可在鉀衰水內收取金銀其法乃爲一塗一乾

塗法收銀 二百三十五節

銀水內添以鹽强水至有酸性結成者即爲銀綠其色紅白因襍銅衰也（銅物鍍銀之時稍有銅質消化於水內）鹽强水添入之時發出輕衰氣甚毒故宜在有風之處爲之以免傷人若結成之質紅色多者再以熱鹽强水加入銅即消化於水而但結銀綠以水洗淨和以鉀養炭養而鎔之

乾法收銀

銀鉀衰水化氣至乾留下者加以紅熱鎔化以水洗淨即得多孔之銀其洗銀之水尚有銀少許添以鹽强水使結成

溼法收金

鍍力用盞之金水雖有微金然更雜銅銀鐵等質以鹽强水添入即成金盞或銅衰或銀絲取其質洗淨而在合强水內沸之變爲銅綠與金絲消化於水而銀絲則沉下傾出其水熬至將乾再用水消化而將輕硫水加入即結棕色之粉即爲金硫其留下之銀絲用二百三十五節之法分之

乾法收金

銀鉀衰水化氣至乾再加紅熱鎔化待冷用水洗淨所得之質爲金銀之和其形多孔尚有含炭之銅因加熱化分時所留之炭用合强水添入和質不能消化銀絲但能消化金絲並銅絲收取之法已詳上節作銀衰內

化學家曾將前節留下之質少許加以等體積之密陀僧盛於有蓋之罐鎔化即得金銀鉛之合質和以與水較重一·二之硝强水而加熱消化即有棕色之粉沉下即金也取其流質和以蒸水令淡再添以鹽强水又可得銀絲

增論分取金銀之法

有金衰在多鉀衰內消化若添以輕硫無所結成若用溼法亦不能盡結金質故有化學家將此流質化氣使乾以其質添以同體積之密陀僧加熱鎔化再將此質在硝强水內沸之留下之質形如海絨

金水燒於熱水內化氣至乾所得之質以硝一倍半相和用罐先加紅熱將其質漸漸添入則爆裂化氣罐內所餘之質爲鎔化之金前節之法雖可用然嫌熱度太多且用硝强水不甚佳此節之法亦不佳因硝與鉀衰相合則爆裂之力大於火藥且其氣內帶出多金

鍍金流質不甚多可用白金鍋與酒燈先將流質化氣至乾和以等重之淡輕綠而漸漸加熱即結成淡輕衰此質因熱而化散遂成鉀綠並金綠兩質若淡輕綠有鉀銻衰即另結成銻綠其金綠易於化分銻綠有幾分不化分留下之質有銻養顆粒若欲化分銻綠可用小熱其未化分之銻綠可用水洗去留下者爲金又有銻顆粒可以隨手刮去

銻內尚有金粉可在合强水內加熱消化而漸添以銻硫水則金能結成

銀衰水亦可用前法取銀所有鉀銻衰分出銻養顆粒之

外又有銀絲在淡輕水內可消化

茲恐覽此書者往往遺忘前言電氣循環之名目故重言以申明之如第三十六圖甲爲銅絲與銀片相連卽正極

第三十六圖

王爲又一銅絲與鋅片相連卽負極二銅絲與浸在流質內之二金質條相連看從前之方向卽知正電氣方向與負電氣方向相反浸在流質內之金質條爲電路甲爲上路因有正電氣入流質內丙爲下路因有正電氣離開凡鍍金器具內消化之金片所以補鍍上之金質卽爲上路則受鍍者爲下路其流質名放質電氣通過而化分流質名放其所放者一曰本質一曰配質與上路化合者曰上質與下路化合者曰下質假如有銅養硫養受電化分內之電路都是銅流質其硫養爲上質因與上路化合其銅爲下質因與下路化合凡有平常銀衰水放之之時則衰爲上質銀爲下質

電氣鍍鎳

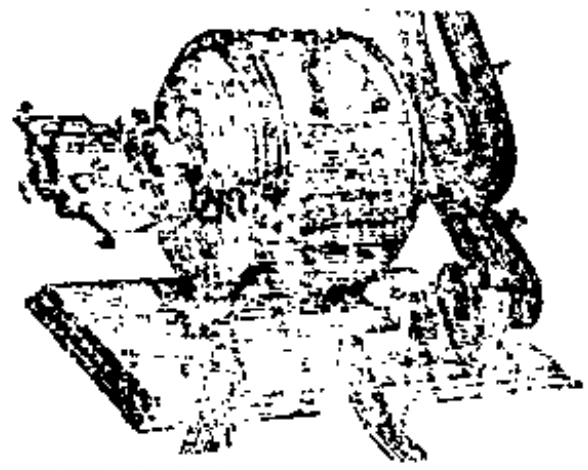
X3 ~~00~~ 91 26

英國　傅蘭雅口譯
無錫　徐華封筆述

近年來鍍鎳之事大行所用材料並製法比前更精又用增力吸鐵電器通電前因造上路之純鎳大板難處甚大故鍍鎳之事前多年無甚進益又平常之發電氣箱鍍鎳慢而難恃所以祇可小試不能大用又製造鎳合淡輕養之雙鹽類亦為不易之事難得其淨料尋常出賣之鎳鹽類價甚貴而用之作鎳水而鍍鎳往往誤事

現有多人詳考鍍鎳之理法以便為電鍍金類工藝中之最要者數年內鍍鎳之事祇有三四行家為之近因各難處已設法免去故英國倫敦並別處及歐洲別國大工藝地方多行此事但鍍鎳事原為美國先興而大做從此別國仿效之而知此事之大益然如不用增力吸鐵電器則鍍鎳之事亦難興旺常用之增力吸鐵電器如第一圖為會司頓所設者

第一圖



如用純鎳鹽類鍍成之鎳色白如銀所費之時比前用電箱法祇三分之一而鍍成之鎳最為平滑光亮如中號增力吸鐵電器轉動之力不過需四分馬力之三其電力能在一小時內鍍銀二十二兩可見運動之費甚省每分時祇需轉八百周至九百周其磨阻力與消磨甚少用油亦不多將此法與舊法電箱相比足見其益甚大舊法電箱每鍍金類一兩必消化等分劑之鋅如以四分馬力之三所燒之煤比發電箱需用之料其價甚少如本處有大汽機而分用其力以動之則價更省所言金類之分劑數略鍍銅三十二兩或銀一百零八兩或鎳二十八兩必須消鋅三十二兩又須用強水若干如其鋅不合法上水銀或因別故不能全得應有之電力竟有消化鋅二三倍者如用增力吸鐵電器則無此事因所發之電力與動力有相關也又此器簡便而靈故現在幾全用之其器幾與量煤氣表等大難信有此大力凡用此器作鍍金類之事有一大分為鍍鎳者如美國紐約有二百餘廠用此器鍍鎳等金類而舊法電箱幾廢去矣

如小試鍍鎳之事可仍用本生發電箱近美國改舊法得新式如第二圖一為炭片一對用夾與螺絲連之二為長圓形之厚鋅皮管四為漏筒三為玻璃或瓦筒此器簡而能發大力鍍各種小物最為合式

第二圖

鍍鎳水　鎳雖有數種鹽類能傳電氣而鍍鎳然祇有二種合用者一爲鎳養硫養合淡輕養硫養之雙鹽類一爲鎳綠合淡輕綠此二種鹽類爲博脫稱在一千八百四十三年考得至今尚未有人得好於此法者又有美國人阿旦司在一千八百六十九年改變造鎳雙鹽類之常法而得美國保其全做之據但即恃博脫稱之法而爲最繁續道之工如精於化學之人不肯依此法爲之如一千八百七十七年英國失非特地方有人名恩文設最巧之法造鎳合淡輕養雙鹽類之顆粒在水易消化可免平常成顆粒法之繁特將此法依本文而記錄之如左

將濃硝强水重率略一四者三體積與濃硫强水重率一八四者一體積水四體積在瓦盆內相和其盆之容積須倍大於强水之體積每强水八升加鎳粒或鎳立方塊二磅用熱砂盆加熱如發沸過猛則加冷水少許如鎳全消化祇餘黑粉少許必再加鎳少許至有餘而止如所發之紅色霧已停或將停或結成鎳養硫養而雙稠質則添熱水若干沸之濾之所得深綠色之水爲極濃之鎳養硫養水如疑其質不淨可熬濃而待冷結成顆粒將顆粒以冷水速洗之以熱水消化之如有雜質再濾之則合用此法與余前所設之法得一千八百七十一年十二月二十一日第三千四百五十九號國家之保據者大同小異但用鎳養硫養雙爲鎳合淡輕養雙鹽類爲新法將淡輕養硫養四磅水八升加熱消化如不清則濾之待冷將此加入鎳養硫養水至飽足而大有餘因鎳養硫養合淡輕養硫養之雙鹽類在淡輕養硫養水內消化比在淨水內消化更難所以多加淡輕養硫養而連掉不止則雙鹽類盡結成淡藍色之顆粒沈下而水之綠色幾全滅將水傾出以濃而冷之淡輕養硫養水洗之至淨其洗水可存之爲下次與鎳養硫養水掉和之用如欲再提淨其雙鹽類可在蒸水內消化而再添濃淡輕養硫養水則結成之雙鹽類爲極淨之顆粒可濾出其水或用別法分出其水而烘乾之便於收存或不烘乾乘濕時消化而用之所濾出之水

可為下次合於鎳養硫養或用之洗雙鹽類

又能用電氣成鎳養硫養合淡輕養硫養並鎳綠合淡輕綠之雙鹽類其法將淨鎳板挂在淡硫强水或鹽强水內略水十分强水一分鎳板用紅銅絲連於發電器之正電如用本生發電器最宜或用增力吸鐵電器亦可其負電之銅絲連紅銅皮數塊挂在漏筒內而漏筒浸在外筒之淡强水內再傾淡强水於漏筒內與外筒强水面等高待數小時後其强水與鎳之等分劑化合如鎳板未浸入强水之時先稱之消化之後再稱之則能知水中含鎳之數漏筒等件取出之後將流質添以淡輕養水用藍試紙試之得中立性而止每水內含鎳養硫養或鎳綠一兩加淡輕養硫養或淡輕綠一兩如所用之鎳不淨則各變化不合法而所得之水必誤事故添淡輕養水之先即水有酸性之時將少許通以輕硫氣如含鐵與銅立即結成黑色如水有大酸性雖通輕硫氣亦不能有質結成如淨鎳板為上路所得之水不雜別種鹽類質

又有簡法能製鎳水如慎為之常不誤事將淨鎳二兩在製鎳養硫養合淡輕養硫養之雙鹽類其法將淨鎳板挂在淡硫强水內消化之再成顆粒每乾粒一兩加以淡輕養硫養一兩而消化之再令成顆粒又法將鎳之小粒或小立方塊以硫養一分水二分硝强水少許輕加熱而消化至飽足後將其水置靜處待冷成顆粒再用淡輕養硫養照前法為之再將所成之雙鹽類消化而濾之熬濃之令成顆粒以上之二種雙鹽類顆粒十二兩配水八升消化之其重率應為一·〇五必濾清方合用如不濾可澄清而傾出其清者如用本生發電器一副足為鍍小物之用

鎳之雙鹽類有二種即硫養鹽類與綠氣鹽類其硫養鹽類最合用然用綠氣鹽類而慎其各事亦能鍍得上等之鎳但大做鍍鎳之事俱用硫養鹽類有將二種鹽類合用之亦能得益

欲鍍鎳之物如為黃銅則照法洗淨後浸入淡鉀衰水內再以清水洗淨之浸在鉀衰水之意恐面上微含養氣而生鏽一薄層因此鎳難黏牢如鋼或鐵器照法洗淨之後應浸在淡輕綠水即每水十磅配輕綠半磅如有微鏽即能消去再以淨水洗之立即浸在鍍水內

如生鐵器必先浸在鉀養水內去其面上之油後在淨冷製鎳養硫養合淡輕養硫養之雙鹽類亦有簡法將淨鎳養在淡硫强水內消化加以淡輕養水至有中立性令結成顆粒每乾粒一兩加以淡輕養硫養一兩而消化之再令成顆粒又法將鎳之小粒或小立方塊以硫養一分水二分硝强水少許輕加熱而消化至飽足後將其水置靜處待冷成顆粒再用淡輕養硫養照前法為之再將所成之雙鹽類消化而濾之熬濃之令成顆粒以上之二種雙鹽類顆粒十二兩配水八升消化之其重率應為一·〇五必濾清方合用如不濾可澄清而傾出其清者如用本生發電器一副足為鍍小物之用

鎳之雙鹽類有二種即硫養鹽類與綠氣鹽類其硫養鹽類最合用然用綠氣鹽類而慎其各事亦能鍍得上等之鎳但大做鍍鎳之事俱用硫養鹽類有將二種鹽類合用之亦能得益

欲鍍鎳之物如為黃銅則照法洗淨後浸入淡鉀衰水內再以清水洗淨之浸在鉀衰水之意恐面上微含養氣而生鏽一薄層因此鎳難黏牢如鋼或鐵器照法洗淨之後應浸在淡輕綠水即每水十磅配輕綠半磅如有微鏽即能消去再以淨水洗之立即浸在鍍水內

如生鐵器必先浸在鉀養水內去其面上之油後在淨冷

水內洗之再浸入淡硫强水內即每水十磅配强水半磅浸至面上之黑衣能用砂擦去爲度其砂有人以浮石粉代之但不及砂之好因砂之價廉而擦成之面更光亮也又因生鐵器鍍鎳之後常不磨光所以用砂擦之則鍍成之後最爲平滑如用浮石粉則稍次生鐵器常有蜂窩等孔又謂之砂孔大有碍於鍍鎳之事因孔內無論含何種異質最難鍍鎳又鎳不肯在有角之處鍍上除砂孔最淨外則不能鍍鎳極小凹之內面其鎳不肯進去故生鐵面有砂孔等凹處必先視其含異質與否或用利鋼錐或鋼絲刷子去其異質又法將生鐵器先在銅衰水內鍍紅銅一層則不但能知其淨與否又能令鎳更易鍍上因銅之收電比鐵更易無論鋼與鐵與英國錫與別錫器等物俱可先用碱性水鍍銅而得數種益處因用熱水鍍銅不過費數分時之事而冷水內亦不甚久故用此套工夫益處甚大而費則甚少

鍍鎳之工擦淨所鍍之物比鍍別金更要因鍍金或銀或黃銅等之鍍水內含大碱性之鹽類即鉀衰如手拿器之時稍有油之微跡或洗淨時有未到之處俱能爲鉀衰消淨故雖稍有不淨之處或能不誤事然亦總以全淨爲妙而鍍鎳微有不淨則難鍍上雖勉强鍍上亦必脫落其故因鎳水無化油之性又鉀衰能消化金類合養氣之質黃銅紅銅白銅等物之面洗淨之後遇空氣數分時足令其生鏽一薄層入含鉀衰之水能消化之如入鍍鎳水中因鎳養硫養合淡輕養硫養爲中立性不能消化含養氣之質雖物面之鏽極薄亦難鍍上如勉能鍍上其物面與鎳之間有鏽一薄層相隔實未黏連必在磨光之先或磨之時脫下以上各說爲鍍鎳者不可不慎

凡鍍鎳之物必先浸在鉀養水內常用者爲美國鉀養將鉀養半磅在水十磅消化此水用久失去其碱性必再添鉀養否則不能消化油質如鉀養水爲新做者將物浸入數分時已足如用久則必稍多紅銅黃銅鐵等器雖久浸在鉀養水內亦無妨錫或英國錫或用錫焊連之器不可在鉀養水內多於數分時因碱類易消化錫類之質黃銅或紅銅物件不可與鐵或鋼同挂入鉀養水內恐有錫或焊錫之物先在此水內挂過而水中消化錫若干鐵與銅相遇必生電氣能令物面鍍錫一薄層又生鐵物件其面常有多孔浸之時應比別金類更長

鍍鎳物件浸入鍍水各金類之法不同茲將各要事並各金類體浸入鍍水之法分而論之鎳比金或銀更硬幾不能用研光之法所以鍍鎳之物祇可磨光如鍍鎳之先磨

至極光鍍成之後磨光更易鍍鎳磨光之工必用巧手工匠其匠如先已學會磨銀器者雖磨鎳之工更難亦能學會其法先用皮輪其皮或用熟海牛皮或牛頸皮等加極細之土侖脫砂或居玻璃砂磨之此二種砂能令鎳面光滑而不粗毛另用皮輪加極細之生石灰粉發光之最合式之石灰無論鍍鎳之先或後俱可用之產在英國失非特地方相近處應藏在瓶內或甕內塞密之令不遇空氣臨用時磨成細粉如鋼或鐵器其面最粗毛者可用實砂輪磨得光滑或用實砂合油在皮輪磨平後用石灰粉磨光之

黃銅器磨光之後應浸於鉀養水內片時取出而再浸於濃鉀養水內片時再以淨水洗之則用極細之浮石粉合水以硬刷擦之或不全用浮石粉可用爛石粉合于浮石等粉或用刀砂磨成極細而篩之刷完後以水洗之再浸入鉀養水再洗之立即浸入鍍水內在水之時不可搖動待鍍成之鎳足用則取出而鍍鎳之事最要者爲一浸入鍍水即刻起首鍍鎳故浸入鍍水後少頃暫從水內取出視其已鍍上否此爲最要之事因浸入水內如非即刻鍍鎳則易誤事

用浮石粉與刷子擦光之時常用濕布隔在手與物之間令手指不遇物之面但如手指常插入浮石粉內則可免用濕布又擦好之後手指亦不可與其面相切

如鍍鎳之水爲合法者並無土塵在內又盆底沈下之質不可動之令其水混則鍍成之鎳平滑而磨光時可省工夫如不慎以上之各事則鍍鎳之面最爲粗毛而擦光之工夫必多仍不能十分光亮凡用不淨之鎳爲上路更不可動水底沈下之質令水不清如上路鎳板含鐵則鍍成之鎳發黃色最難去其弊因不但在鎳與上路之面又在水底聚成塊如鍍水少有混濁必待其水澄清常以二十四小時爲最少即如鍍鎳之物偶然落下而在水底撈起則水底之含鐵等異質俱已浮上而水變混濁必將已入水之各物取出待二十四小時澄清後方可再作鍍鎳之事

鎳之各水傳電比金銀水更難故鍍鎳之物應於二面俱挂上路鎳板又須相近否則鍍鎳不勻又不能鍍在凹處似與各種角有相忌之意其故亦因其水難傳電氣凡鍍鎳電力足用而物之面平滑或稍有凸則鍍鎳極易凹或裂紋或孔俱爲鎳所忌故鐵器常有大砂孔等不平之處此性情常顯出祇有一法能順其性即先在鐵面鍍紅銅等易通電之料其銅可當爲媒而鎳易在此面任意鍍上

無處不到

凡鍍鎳之厚不能過一定之界限如鍍之過厚則不明而易裂成大塊脫下間有鍍成後視之似甚合法待若干時自行脫下鍍之過厚難免此病鎳質甚硬故亦不必甚厚已可耐多年之用

掛物之金類絲或帶必與物件之大小相配間有人不明此理因此誤事如所鍍之物從極小起大至生鐵欄子止有六平方尺至八平方尺之面積故掛絲或帶不能大小各物公用如與小物相配則不能與生鐵欄相配反之亦然其絲之粗細不在能任物之重而在通電之多少如小螺絲與小物所配之通電金類細絲不能用於面積大之物必更粗方能通所需用之電

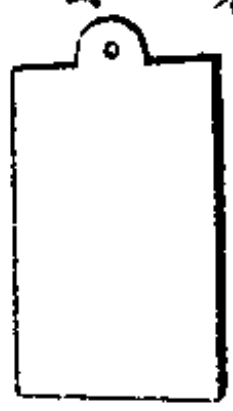
鍍鎳之物通電之難易亦有相關因銅或黃銅物件易於起首鍍鎳即一浸入水立刻鍍鎳一薄層雖用細絲掛之亦然鉛或英國雜錫或生鐵鍍鎳稍難所以掛絲不但與面積大小相配尚須與物之通電性相配

掛物之金類絲用二次後其外面鍍上之鎳顆粒令其質為最脆似乎在絲之面成套管形而極易斷最多不過用二次必換新者用過之絲可將鎳先在強水消去再在火內燒紅之尚能復用其強水用硝強水二分硫強水一分水四分相和再加鉀鹽淡養少許

鍍鎳水因比鍍金銀之水更濃用之不久其鎳合淡輕養之雙鹽類在箱邊結成顆粒故用鎳水之初須做平水面之記號見其水稍低則必加水補足天氣熱時此為最要之事然鍍水中取出之物不免有水黏在其面而帶出水必漸少所以每若干時必加鎳鹽類之顆粒若干令水之濃淡恆為合法最穩之法用浮表量其重率如不到一·〇五則加顆粒至有此數而止如用增力吸鐵電器或用鎳合淡輕綠雙類鹽其水可稍淡亦不致誤事綠氣鹽類用之雖能得益然硫養鹽類為鍍鎳家所最佩服者

鎳上路板與通電桿相連之法亦為要事如鍍銀則不甚要鍍鎳不可不慎鎳為最難鎔化之金類如作模鑄成板則難於充滿又因大做鍍鎳之事其上路板最重故在鎳板上邊鑽孔徑略四分寸之一式如第三圖而用粗紅銅絲為雙鉤一端通過鎳板之孔一端鉤在通電之桿間有用此法不靈者其故有數端一因鎳板孔內有結成鎳鹽類之顆粒則鉤與顆粒相切不能與鎳相切曾有鍍鎳之箱共用鎳板二十四塊每塊長二十四寸闊七寸厚略一寸以負電線與鎳板相切試之

第三圖



常有數塊不發光星或有六塊如此其餘易發光星惟有二三塊光星甚淡所以設法將挂鉤與鎳板焊連則不致有此弊法用鼠尾形之鑷通入鎳板之孔內鑷光將鉤浸入硫强水合硝强水內片時取出以水洗之將其一端用鋅綠令濕即刻浸入鎔化之錫內將此鉤入鎳板之孔用椎輕擊之則連牢再將鎳板平置於棹上孔下以舊布墊之刷以鋅綠水少許再傾鎔化之焊葯入孔內而以烙鐵焊連之如鎳板之端稍加熱而焊之待冷時則能更牢照此法焊連易通電氣大爲有益因鎳與鎳水通電性比金銀銅等稍難故上路再加難通電之接處則更易誤事以上各說爲大作鍍鎳人所必知者然小試之人能知此事亦爲有益

大做電鍍金類事中最難之事爲容鍍水之大箱或池能容鍍水而須不漏泄不令水混濁不壞水之性又不爲水所壞如用端石板以軟像皮或硬像皮相連或以鎔化之硫相連或以數種灰質相連初用數年雖覺合式久用之不免有弊端漸漸顯出即如鹽類質侵入有裂縫之處結成顆粒令其料漸漸變鬆而枯爛如以木爲之無論用何法相連或用栿或螺絲或斜槽等俱不免有漏泄之病生出已有多人用木料往往大誤所以鍍鎳家不可全靠此事如用松木大箱內加薄鉛皮作裏而鉛皮用鎔連之法或焊連之法令不漏泄再詳細試驗其不漏泄之據再以薄木板作襯其木板每塊做得極準用木框令其不活動又有人將木箱加以鉛裏而裏上加栢油一層此法有數弊因栢油常遇水不能與鉛等金類黏牢又冬夏時天氣冷熱有改變鉛與水傳熱不等常有栢油與鉛面相離成片浮至水面又挂上路之金類棹因任上路鎳板之重常埋入栢油內漸至與鉛裏相切而鉛裏有正電性令其水不能平勻前試過容二十四塊鎳板之箱如在箱邊之鉛皮試驗各處能得電性所以可見空費多電力因鎳板每塊之重略四分担之一俱壓在箱邊夏日栢油又甚軟豈能不埋下而與鉛裏相切也

小作鍍鎳之事不過用鎳水數十磅最合式之器用平常瓦筒內外有釉即如倫敦藥白脫地方所作者最合於各種化學之用因無論酸質或鹼質或鹼性鹽類俱不變化但如器有小病則易爲藥水浸壞凡買瓦器作鍍金類之用必先查驗其偏體又擊之聽其聲

電氣鍍金類家多知金類面鍍同類之金其黏連之性不及鍍於異類金之牢如黃金鍍於銀或紅銅黃銅比鍍於金面或鍍金之面更牢故鍍金家如欲在已鍍銀之物面

再鍍銀必先去其舊銀否則新鍍之銀臨研光時舊銀面所鍍之銀必脫落以上之說爲鍍銀一厚層而言如極薄之層則不顯此事如用電氣鍍銅法鍍成圖書或印圖之板如鍍若干厚時有改變之事即暫遇空氣或增電力等則易見所鍍之銅分層別種金類亦俱如此而鎳比別金更甚即如將物先鍍鎳一層無論如何薄者後以浮石粉刷之再入水內鍍一層則第一層必與第二層不黏連或在磨光時脫下或爲頗厚之一層則不到磨光之先已脫下常見不合法鍍鎳之物尚未有人手動之自能裂開成捲如銅面鍍鎳更有此事美國鍍鎳家常將貧裡之兩端挂以粗金類絲長存水內如先入水之物爲小者此絲能放電氣令小物不受過大之電力俗稱此事爲燒小物其金類絲稱爲停電力所挂之黃銅絲在水多日而上鍍得之鎳顆粒甚多似乎成團愈深愈結實而裡之下端厚略四分寸之三所凝結之顆粒徑略一寸向上斜略十五寸其上端所結之質厚十六分寸之一又用黃銅管作此事凝結之質大不相同其鍍水箱內裝滿鍍鎳之物而通電氣則管面鍍鎳一層各物取出之後其管存在水內而電氣不通每日鍍鎳一次其銅管即成顆粒一層其顆粒與前者不同分爲多薄層有數處與銅管相離而向外捲成亂形細查之知所成鎳之顆粒彼此不黏連易用刀尖分開之與分千層紙同可見各種金類難在同質黏連之性而鎳比別金尤甚必設法免鍍鎳自行脫下之弊故凡已鍍鎳之物欲再鍍鎳必先消去舊鎳而慎不消化其本體如黃銅已鍍鎳之物欲消去其鎳可用硫強水合硝強水其比例必依事而定常用者爲濃硫強水四磅硝強水一磅在瓦器內相和再漸漸加冷水一升已鍍鎳之物浸入此水內四五分時即能消去如鎳愈厚其時必愈長若稍加熱消化更快此事應在露天或煙通下爲之所欲消去鎳之物應連於銅絲每若干時取出視其鎳已消盡否如已消盡即刻取出不可留在水內如鎳最薄者未至半分時已全消盡如合法爲之其物面平滑而光豪無強水消化之痕跡所發之氣有毒性大有害於人之肺故工人必慎不吸之又法可用電氣去鎳即將欲去鎳之物當爲上路即連於正電然此法不甚佳所用之水必另備者如用平常鍍鎳之水恐收銅質而有碍於鍍鎳之事應用淡硫強水則能消化鎳而不改變黃銅如用增力吸鐵電器去鎳甚速而可免發毒如大力之增力吸鐵電器能將許多物件在片時內脫盡其鎳凡已脫鎳之物必先磨光方可再鍍鎳如鎳有未盡脫之處則鍍鎳時不能附而脫下

鑄成之黃銅器常有多砂孔必浸在强水內多時方能消淨其各凹如能磨去其各小砂孔則更佳因鍍鎳之面有小孔最不美觀也然大砂孔非多費磨工不能去間有愈磨愈大因其孔向內深而放大故此事須熟手方不誤事

鍍鎳事又有一病從物之一小點起生黑色條紋有長至數寸者即如回光鏡其面有冒釘則雖極慎難免此病其黑色條紋從各冒釘起向下通至回光鏡之外邊此病之故因冒釘頭內有油或泥土等在鎳水時此質漸漸流出行在回光鏡之面此處所鍍之鎳極少或無此病必在初鍍時顯出故浸入鍍水少頃應取出查有此病否如有必將浮石粉擦之洗之再浸入鍍水內如不用此法則磨光時此病即刺顯出鍍銀亦難免此病鎳則更易因銀水內之鉀袁能令油質變爲肥皂而消化鎳水無此性故不能去其油質

管理增力吸鐵電器或大力發電器電力之大小需用阻力圈如第四圖此器以紅楊木或扁栢木爲板長略十四寸闊十寸板面有黃銅釘數个而用細黃銅絲或白銅絲繞在銅釘上又有搖桿自乙至申相遇則電力全通入鎳水如將搖桿移向右邊則阻力

第四圖

漸加至戊點而入水之電極少所以起首鍍鎳其搖桿移至戊令所進之電最少鍍水中漸多浸鍍之物將桿依次移向左至水中浸滿鍍鎳之物則搖桿移至申點此器如法用之能管進電氣之大小大作鍍鎳者此爲要器如用增力吸鐵電器更不可少此器雖有數式然如本圖者最佳又自申點至圓之中所有各銅絲之半以日耳曼銅爲之其餘以黃銅爲之相接處用軟焊金焊連則更爲堅便其銅絲應與木板相離頗遠否則搖桿移至申點時電力甚大易於生熱而燒壞木板此爲常見之弊故銅絲與木板應相離四分寸之三如銅絲偶然落下與木板太近應即配準移至銅釘之上端

鍍鎳雜說

凡鋼或鐵物鍍鎳初時不可過速否則易脫下其電氣之力不可過大祇足一浸入水即刻起首鍍鎳又不可過慢如已起首鍍鎳則電力可漸漸加增此事必慎爲之因鍍得色最好而勻之鎳幾分恃電力之大小並上路鎳板之面積鐵或銅器依法洗淨之後應即刻浸入鍍水如遇空氣或浸在淨水片時則面上生鏽一薄層令鎳不能與鋼鐵相黏又入鍍水之後初時不可鍍鎳過慢常有因此故而脫下者有一便法先鍍鎳一薄層後取出將金類絲之

刷刷之此事大有益處雖稍費工夫然所得之益處甚大作鎳水之鎳如不淨者可在酸性鎳水進以輕硫氣令鋅或銅結成然如含酸質大多雖通輕硫數小時其鋅有少許不結成者如水甚濃則鋅亦難全結成必存微跡須不過酸不通濃其鋅易全結成紅銅比鋅更易分出凡水中含銅者能以色分辨之如無其色則可爲無其質輕硫亦能令銻與鐵結成故鎳含此質亦可以輕硫分出之但必微有酸性否則其鎳亦結成

如英國羼錫等鍍鎳預備之法與黃銅或鋼鐵等不同又因通電更難故電力必稍大方能即刻起首鍍鎳須在水內輕搖動之令所鍍之鎳勻如電力不甚大則不必搖動又鍍上不可過速

如有許多英國羼錫物件欲鍍鎳最善之法用特設鍍黃銅之水先鍍黃銅一薄層如鎳水不甚好此法更宜鍍黃銅之後須以淨水洗透再浸入鎳水

鋼或鐵鍍鎳之水不可如鍍黃銅紅銅之濃

格致家名開達設一便法將小物如針鉤與鉤眼等不用電氣在藥水內沸之即能鍍鎳其法將紅銅一分純錫五分鎔化和勻傾入冷水成細粒然粒亦不可過細將此粒和於鉀養二果酸成漿每合粒二百分加燒過之鎳養一分將小物置於此沸漿水內待若干時即能鍍鎳每若干時必添鎳養加紅銅黃銅以此法鍍鎳不必先用磨光等工如小鐵物必先鍍紅銅後再以此法鍍鎳此漿內加以鈉養炭養而沸之或加平常之鍍鎳水而再沸之則所鍍之鎳更厚

有化學家名貝克路云如欲令鍍鎳水不成鎳養可常加淡輕養少許則所放之酸質因此變中立性如上路鎳板所消之鎳不足補所鍍之鎳則放酸質而鍍成之鎳爲次者故須常加淡輕養少許令有中立性如淡輕養少餘亦不妨

鍍金家名末奈將中立性之鋅綠各水加以鎳鹽類水以鋅皮或鋅粒與欲鍍鎳之物在水內相切不必通電而能鍍鎳必慎其水有中立性

司土路巴所設之法將鎳水傾入盆內加以淡鋅綠水將鋅一塊與鍍鎳之物相連浸入水內另添輕綠少許即能鍍鎳

雅皮等人云鎳水含鉀等碱性之鹽類無碍因可用鎳養硫破鍍鉀養硫養之雙鹽類爲鍍鎳之事

鎳能在紅銅面鍍成而不用電氣法將溫鎳綠水以鋅與銅相連浸入水內則自能生電而足鍍鎳各種金類幾能

以同法鍍鎳

凡鍍鎳之物不可置於濕處否則變暗每日應用乾布揩之否則鍍鎳最佳之物不久而變暗如廚房或食飯之鍍鎳器應日日受熱則不變暗因鎳最能引濕氣其面愈光愈能引濕氣

有數種植物質大有碍於鍍鎳之物如皮酒與芥末醬與萊水與茶等水俱大害於鎳故鍍鎳器遇此質後應即以熱水洗之乾之置於最乾之處

磨光鍍鎳面之生石灰不可遇空氣否則不久而壞英國常用磨光金類之石灰在夏日燒造冬日不多燒故鍍鎳家應於夏日多備生石灰存在瓶內塞密之為一年之用如裝橄欖之瓦甕以之存生石灰最為合用因不但容積大而價廉又能用大軟木塞或羊皮或膀胱皮等封密之或用薄象皮紮在口上亦可凡開甕取出灰後必即刻蓋密之因石灰遇空氣不久即壞不能磨光鍍鎳之物

凡鍍鎳之物磨光時偶有磨去之小處可用一法補救之能補鎳一薄層而可免將全體重鍍鎳之繁法將粗紅銅絲一條長十二寸其一端彎成鉤形將鎳一小片略方半寸與銅絲之又一端相連而用布或麂皮包之將其鉤與上路鎳板相連以布包之一端浸於鎳水內而移到欲補鎳之處其補鎳之體必與負電路相連待少頃將布包再浸於鎳水再置於補鎳處屢次為之即能補鎳一薄層後用布輪磨光則其補處不顯

法國鍍鎳家常用食鹽添入鍍水內令通電更易俞頓亦有數家用此法而得益因鍍鎳水比別金類水通電更難用此法最便而有益又法人名對母而試驗此法而於一千八百八十年六月內記錄之如下

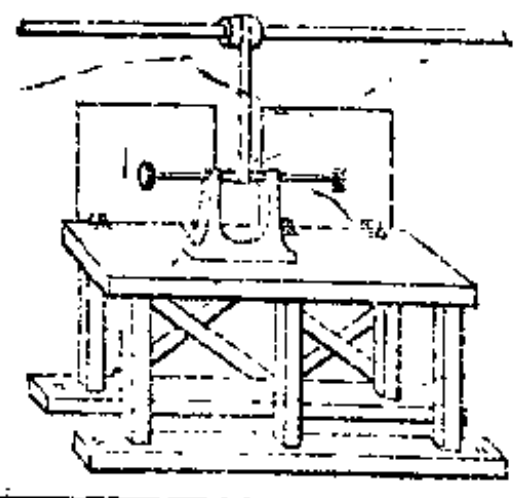
鍍鎳水常用者為鎳養硫養合淡輕養硫養之雙鹽類其阻電之力甚大每雙鹽類百分應加以淨食鹽十分已用量電氣器試過知能加增通電力百分之三十又所鍍之鎳色更白而鍍事更易又其減阻力與所加食鹽有比漸增至飽足而止非如銅養淡養或鋅養硫養等飽足之水與更淡之水通電性相等因此種水通電性有若干濃之界限到此界限通電性最大再加濃則反減小也試驗加鹽之法可先將水八升加鹽若干得最合宜之數然後依此數添入全箱內

有最便之方能鍍小物凡不能磨光之物或已鍍鎳而過海之物可浸入此水內其方將鎳養硫養淡輕養硫養之雙鹽類七千格鈉養二炭養八百格水一百里得將鎳鹽類在水消化加熱至溫再將鈉養二炭養漸漸添入如一

次添入過多必發沸而溢出臨鍍時必加熱至將沸如用久而水帶黑色可加鈉硫一小塊大如指甲則仍能清明已試過各種鎳水此爲最佳能速鍍鎳而色白如銀又所鍍之鎳能用研器研光如鍍鎳之物或不能磨光或研光可用法令其變光其法先浸在硝强水後速行過下方之水即舊硝强水浸水內含銅至飽足又加硫養與含油之煆炭並食鹽各物和成

磨光鍍鎳面之器大略與黃銅器同恐有人不知此法故特言之如第五圖爲磨光鎳面之床有轉動之軸連於堅固之座其軸中有皮帶輪能任意停或轉上有皮帶輪與

第五圖



通軸以汽机運動之其床軸之兩端各有螺絲能接所用之木等輪此各輪以皮爲面或以別質爲面而能任意掉換所用之生石灰爲失非特相近處所產有內行人自案中檢出裝於桶內送至倫頓等處發賣鍍鎳家則存於橄欖甕或馬口鐵箱封密之臨用時取出數塊刮去外面異質打成小塊以鐵乳鉢舂碎用極細之篩篩之如遇空氣不久即失其磨光之性而無用

凡用生石灰磨光鎳而必需上等工人先在皮輪面加石灰粉與油少許令輪轉動磨之輪用愈久則磨光愈佳因磨下鎳之細粉有益於磨光之工然無論用何種料磨光鎳等金類在磨去之多少而不全恃所用之粉其面已用皮輪磨後再用布輪此輪爲多層布疊成圓板兩面用皮圓板或金類圓板夾住以冒釘連牢之中心有孔能接轉動之軸此布輪上用乾石灰粉能令鎳面最光滑而美觀牙科之剪等小物件用增力吸鐵電器在鍍水不可多于半小時至一小時半如用發電器其時必加倍黃銅或紅銅所鍍之時爲鋼或鐵之半黃銅紅銅之大體如大乳鉢等必四周置上路鎳板否則不能勻最好之法於左右各排鎳板一行而與鍍鎳之體相離甚近再用短紅銅絲二條橫在正電桿用木塊令與負電桿不相切或用像皮管套在桿上

作鍍水將鎳養硫養合淡輕養硫養之鹽粒置於淨而新之木桶內傾入沸水以木條掉之數分時則水內消化鹽類至飽足可傾於濾器令其水濾入鍍鎳之箱內其濾器之制以厚布釘於木框面而擱於挂物之桿再將沸水傾於未消化之顆粒至全消化而止箱內加以淨水補滿所

需之數如其箱能容五十軋侖即清水五百磅應加淨鎳鹽類略四十磅待水冷至平熱度以浮表量之應得一〇五則合用如不到此數必再將顆粒在鎳水之一小分內用另器消化添入本水內間有鎳鹽類所含之鎳不定故必向可靠之行家購買方不誤事再用藍試帝試之如變紅必添淡輕養水數兩而再試之愈近中立性愈佳如淡輕養少有餘亦不妨鍍鎳時間有人每日至停工時掉之數分時又有人於禮拜六掉之禮拜日不用而澄清螺絲等小物鍍鎳不可獨置於水內因受電力過大而易誤事應挂在大物之間有人將螺絲等多件置於鐵或銅絲布之盆浸入鎳水但不及用細絲分挂之爲佳雖更費事然所鍍之鎳勻而可特

如鍍鎳之物欲得粗毛之面而不磨光鍍成後即以淨沸水洗之待自乾不可以手摸之因手指所切之處必成痕跡如生鐵物以此法爲之最爲美觀

試作鍍鎳之事可購現成之鎳板爲上路其板闊一尺而頗厚能作任意長爲軋成者較舊法鑄成者更佳

鍍鎳之事需備各器與各材料開列如左

大木箱能容六十軋侖即六百磅內以鉛爲裏而鉛內再加薄木板　一个

鎳養硫養合淡輕養硫養雙鹽類　五十磅

軋成鎳板長十二寸闊六寸者　十二塊

挂鎳板之紅銅鉤　十二个

本生發電器每副容水三十磅　四副

熱鉀養水之鐵盆能容十軋侖　一个

挂鍍鎳體並上路鎳板之黃銅條　三條

挂物之紅銅絲若干

雙行與四行之刷子若干

試鎳水重率浮表　一个

試帝　一盒

容鉀養水之瓦盆能容三軋侖　一个

容輕綠之瓦盆亦容三軋侖　一个

螺絲夾器與相連各物之螺絲器並電線若干

通電之粗紅銅絲若干

磨粉之浮石與石灰等物若干

書學

重學

重學二十卷

歲壬子余遊滬上將繼徐文定公之業續譯幾何原本西士艾君約瑟語余曰君知重學乎余曰何謂重學曰幾何者度量之學也重學者權衡之學也昔我西國以權衡之學制器以度量之學考天今則制器考天皆用重學矣故重學不可不知也我西國言重學者其書充棟而以胡君威立所著者爲最善約而該也先生亦有意譯之乎余曰諾二是朝譯幾何暮譯重學閱二年同卒業韓君綠卿既任刻幾何鏡君鼎卿亦請以重學付手民同時上板旨刊行無幾同燬于兵今湘鄉相國爲重刊幾何而制軍肅毅伯亦爲重刊重學又同時得復行于世自明萬秝迄今疇人子弟皆能通幾何矣顧未知重學重學分二科一曰靜重學凡以小重測大重如衡之類靜重學也凡以小力引大重如盤車轆轤之類靜重學也一曰動重學推其暫如飛礮擊敵動重學也推其久如五星繞太陽月繞地動重學也靜重學之器凡七桿也輪軸也齒輪也滑車也斜面也螺旋也劈也而其理維二輪軸齒輪滑車皆桿理也螺旋劈皆斜面理也動重學之率凡三曰力曰質曰速力同則質小者速大質大者速小質同則力小者速小力大者速大靜重學所推者力相定或二力方向同定于一線或二力方向異定于一點動重學所推者力生速凡物不能自動力加之而動若動後不復加力則以平速動若動後恆加力則以漸加速動而其理之最要者有二曰分力并力曰重心則靜動二學之所共者也凡二力加于一體令之靜必定于并力線令之動必行于并力線且物之定必定于重心物之動必行于重心線并力線必經過重心也又凡物旋動必環重心地動是也二物相連而相繞必環公重心月地相攝而動是也故分力并力及重心爲重學最要之理也胡氏所著凡十七卷益以流質重學三卷都爲二十卷制器考天之理皆寓于其中矣嗚呼今歐羅巴各國日益强盛爲中國邊患推原其故制器精也推原制器之精算學明也曾李二公有見于此亟以此付梓上好之下必有甚焉者異日人人習算制器日精以威海外各國令震攝奉朝貢則是書之刻其功豈淺尠哉同治五年九月李善蘭序

漢志曰權與物鈞而生衡衡運生規規圓生矩矩方生繩繩直生準是規矩準繩皆本於權衡矣乃方圓平直之理九章諸書言之綦詳而獨不及於重學豈久而失傳耶西人重學遠有師承近百餘年間愈入愈深且用以步天而知七政之行由地球與諸曜之互相攝引故其遲疾時時不等遂於小輪不同心天之外別開門戶胡君威立英國之精於重學者也著書十七卷分動靜兩大支其靜重學先求重心以得其相定之理定理既明乃可以用動力而輪軸滑車諸器或分或合或複或單均能以小力運大重是卽動重學之根矣其動重學有平速漸加速之分而地心下引之力爲漸加速速之比例用股而不用弦故物自上而下弧綫長於圓徑圓徑長於通弦而其時刻無不同者此皆理勢之自然中土諸人習焉不察一經拈出妙義環生且因此而知一分中月行弧綫之矢同於一秒中重物下行之路蓋月之右旋卽如重物行於弧綫而地之引力加於月者僅得地面三千六百分之一也艾君約瑟謂言天學者必自重學始因偕海甯李君善同譯是書余得而讀之謂可以補算術之闕文導步天之先路而用定質流質爲生動之力以人巧補天工尤爲宇宙有用之學爰商之同邑顧君觀光南滙張君文虎詳校而付之梓書中多以代數立說中土雖無其術而西人代微積拾級一書上海已有刊本且與中法天元大略相似故不復詳釋讀者以意會之可也抑又聞佛蘭西拉白拉瑟著有天文重學大成其立法之奇妙義蘊之奧衍當必有進於是書者李君倘能譯而傳之余亦樂爲之刊行也刊重學成因書其後以詢李君咸豐己未冬十一月金山錢熙輔鼎卿氏識

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論桿

桿以鐵或堅木爲之所以衡重任重起重者也有直桿有曲桿桿之理爲綫上有定點有重點有力點桿兩端升降時三點總在一箇平面上凡重力因在桿兩端升降所成之面凡桿不論發重所加重力亦與桿同在一箇平

公論一

凡相等重力直加於桿之兩端重力方向與桿成直角謂之直加離中心等力重各有令桿動之能因適相等必令桿定蓋二力在兩端一切俱等不能共令桿動亦不能各令桿動所以桿必定

如有兩相等力在定點兩邊直加於桿令桿不動則兩力點離定點必等不如是離定點遠者必令桿動 如有兩力離定點等直加於桿令桿不動則兩力必等不如是力大者必令桿動 如有重加於直桿桿有兩定點離重點等則兩定點之抵力必等 如有相等兩重加於桿上桿有兩定點離兩重點各等則兩定點之抵力必等

公論二

若有相等兩重直加於桿令桿定則不論桿之長短定點之抵力必等於兩重和

公論三

若有相等兩重直加於桿之兩端而桿有兩定點離兩端俱等則兩定點之抵力和必等於兩重和因抵力全用以載全重抵力必等於全重全重必等於諸分重之和加此則二三公論之理自明 兩重不相等抵力亦必等於兩重和今但論相等者取其易明也

設一重加於桿桿有二定點則二定點抵力之和必等於重 抵力自下而上以敵自上而下之力公論言重向下抵力向上敵之亦同推之各方向力爲對面力所敵亦同本力方向或自上而下或自下而上爲抵力所敵理總無二三力相等故謂之抵力

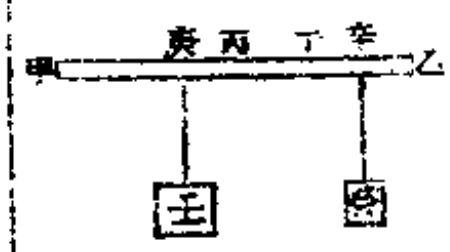
第一款 兩箇相等重或分加直桿之兩端或并加直桿之中心其能力必等

如圖庚辛兩相等重加於桿之甲乙二點令桿定甲乙二定點共抵力必等於庚辛二重和甲乙各抵力必等於二重和之半設以庚辛并加中心戊點甲乙各抵力仍等於庚辛和之半因共抵力等於庚辛和故

各抵力等於庚辛和之半公論所以無論今加并加桿俱定甲乙之各抵力俱同也　設有質重圓桿平於地平實重遍體均平如一令其質重或收在中心或散作桿體其能力俱同因此桿體質重可分為無數兩兩等重離中心兩兩相等此無數等重或分加兩邊或并加中心能力俱同故全桿之理亦同

第二款　有大小二重直加於桿兩箇重定距綫與二重成反比例

如圖壬癸為二重甲乙為有質重圓桿其重等於二重之和甲乙桿分於丁點令甲丁與丁乙比如壬重與癸重比則甲丁質重同於壬乙丁質重同於癸而甲乙桿必定於中心丙點取甲丁中心庚取乙丁中心辛準前論甲丁質重或收於庚點或散於甲丁乙丁質重或收於辛點或散於乙丁理俱同設甲乙不為有質重之桿而為一綫於此綫上加甲丁之重於庚加乙丁之重於辛二重仍定於丙點如此則又加壬重於庚加癸重於辛仍定於丙點也　丁庚為甲丁之半丁辛為乙丁之半故辛庚為甲乙之半而庚為甲丙少甲庚丁辛為辛庚少丁庚皆即甲乙之半少甲



丁之半也有等數及比例如左

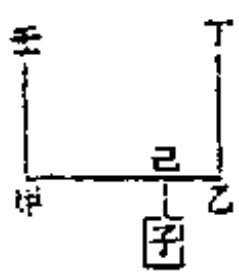
一率	丙庚
二率	丙辛
三率	丁辛
四率	丁庚
	丁甲
	壬重
	丁乙
	癸重

辛丁＝庚丙

辛丙＝庚丁

設壬癸相定於丙點則壬癸兩重與丙庚丙辛必有反比例試取己重令壬己之比如丙辛丙庚之比代癸重加於辛點則壬己必相定如此癸己二重加於辛點其能力同故其重相等　丙點抵力即壬癸兩重之和因壬癸兩重壓於丙點與桿重壓於丙點其力等若將桿重收於丙點其力亦等

第三款　如有二力以對面方向直加於桿在定點之一邊二力與兩箇力定距綫成反比例則桿必定



如圖乙為定點子壬為二力方向對面子加於己壬加於甲子力與壬力比如甲乙與己乙比則桿必定　設乙點有丁力其方向平行於壬甲子丁壬之比如己甲己乙之比設己為定點則丁壬必定於己己點抵力必等於丁壬二壬和設己不作定點但於此點對面加力等於丁壬二力和與定點理同故子力等於丁壬二力和此二力必

令桿定又比例如左亦令桿定

一率 丁力 丁壬二力和

二率 壬力 壬力

三率 己甲 己甲己乙和

四率 己乙 己乙

又比例如左則子壬必定於乙點

一率 子力

二率 壬力

三率 乙甲

四率 乙己

乙點抵力等於子壬之較故丁等於子少壬其方向與壬力同等數如左

乙點力——子壬力

丁力——子壬力

用桿有三式 一定點在力重二點之間如剪之類力點在尾重點在口定點在中樞是也 一重點在定力二點之間如舟中楫之類力點在柄定點在水重點在舟尾是也 一力點在定重二點之間如冶工鉗之類

樞即定點在內鉗物處即重點在外力點在中間是也

前二式能辨力後一式不能辨力此非爲辨力計爲加力及運討也

假如有庚辛桿長三尺加壬重一百斤於庚離定點丙二寸又九分寸之二求辛點癸重若干 列等數於左

(癸壬力七尺七寸九分寸之二——三尺壬力二寸九分寸之二)

庚丙——二寸九分寸之二

辛丙——二尺七寸九分寸之二

通分納子得下式

二寸九分寸之二——二〇

二尺七寸九分寸之二——二三〇

乃以四率比例推之

一率 二五

二率 〇二

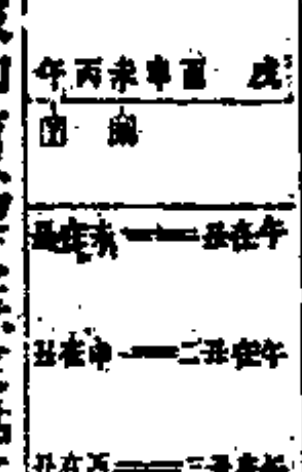
三率 一百斤

四率 八斤

求得癸重八斤

假如有午戌無重之桿丙爲定點午丙丙未未申申酉各等分丑重進退於丙戌間求丑在未申各點時午點之子重若干

親等數式自明 丙午等於丙未即天平理也



故丑在未子一丑丑在申子一丑丑在酉子一丑

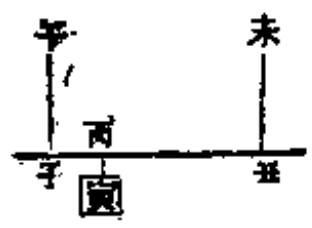
假如有偽天平定點在丙丙午丙未不等在午有子重在未有丑重遞與天重定於丙欲求天眞重若干有比例如左

一率 丙未 丙午 丙午乘丙未
二率 丙午 丙未 丙午乘丙未
三率 子 丑 子乘丑
四率 天 天 天平方

一率等於二率則三率必等於四率然則子乘丑必等於天平方故以子丑二重相乘開平方即得天眞重

假如有寅重加於直桿子丑二定點中間之丙點求二定點抵力各若干兩抵力與兩定重距有反比例如左

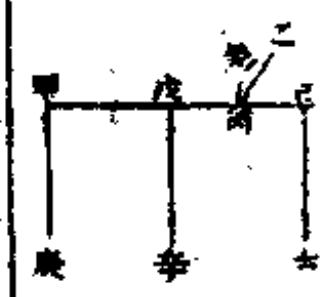
設用午未二能力代定點抵力不改



一率 子丑 即午 子丙 即午 子丙
二率 丑丙 即未 丙 子丑 丑丙
三率 寅重 丑抵力 即未 力 丑抵力
四率 子抵力 即午 力 寅重 子抵力

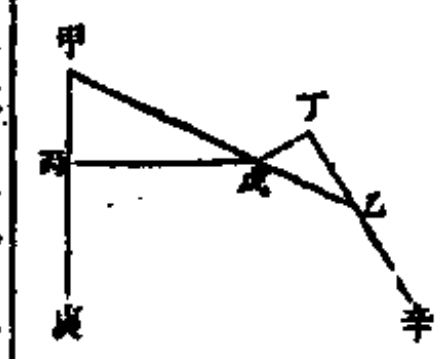
第四款 有二力直加於曲桿令兩箇力定距與二力成反比例則曲桿必定

如圖甲丙乙爲曲桿丙爲定點丁力直加於乙庚力直加於甲令庚與丁比如乙丙與甲丙比則桿必定試引長甲丙綫至己令丙己與丙乙等取壬力等於丁力直加於己取丙戊等於丙己而於戊點加辛力等於丁力則辛丁二力必定於丙點因兩力等兩力定距亦等且俱直加故也即辛壬亦必定於丙點因丙戊丙己等故也所以丁壬二力加於桿上雖曲直異而理實同也比例如左



一率 丁力 壬力
二率 庚力 庚力
三率 丙申 丙甲
四率 丙乙 丙己

觀比例知壬庚必定於直桿所以丁庚必定於曲桿設桿之一端屈曲如丙癸乙理亦同何則丙癸乙爲不可動之桿可名堅綫試作丙乙直綫成丙癸乙而設丙癸乙爲堅面以代丙癸乙堅綫其用同此面上去丙乙諸平行綫或丙癸乙諸平行綫面乃積綫所成僅剩丙乙或丙癸乙堅綫其用仍同也



如圖甲乙爲桿戊爲定點庚力斜加於甲辛力斜加於乙從戊點出二綫一與甲庚方向成直角於丙一與乙辛方向成直角於丁令庚辛之比同於戊丁戊丙之比桿必定　以前款證之甲丙丙戊當作堅綫則庚力之加於甲或爲戊甲丙曲桿或爲戊丙直桿理俱同辛力加於乙與加於丁同惟庚辛兩力與戊丁戊丙有比例則庚辛加於丙丁必定於戊所以加於甲乙亦必定於戊也有等數如左

庚力戊丙＝＝＝＝＝辛力乙丙

庚力戊甲又甲正弦＝＝＝辛力乙戊又乙正弦

戊甲戊乙任成何角理俱同卽角等於無亦然戊甲戊乙爲一綫亦然如庚辛二力以甲庚乙辛方向加於直桿甲乙二點設二力與定點上直交本方向之二綫成反比例則桿必丁　設有二力對面斜加於桿之一點兩儅令桿動之能與定點上直交本方向之二綫成反比例桿必定

假如有庚重九十九斤辛重一百斤有戊甲九尺戊乙五尺有戊甲庚角三十度求戊乙丁角若干度分　有等數如左

乃以四率比例推之

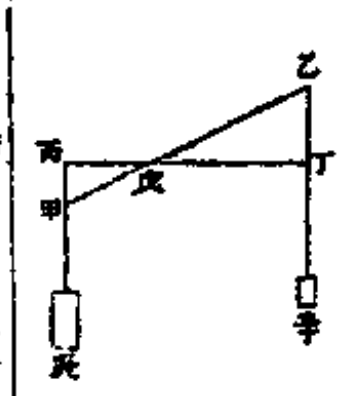
一率　五〇〇

二率　八九一

三率　〇五〇〇〇〇〇

四率　〇八九一〇〇〇

檢正弦表得六十三度卽戊乙丁角



庚力戊甲力甲正弦＝＝＝辛力戊乙力乙正弦

庚力戊甲＝＝＝＝＝一九八

辛力乙戊＝＝＝＝＝五〇〇

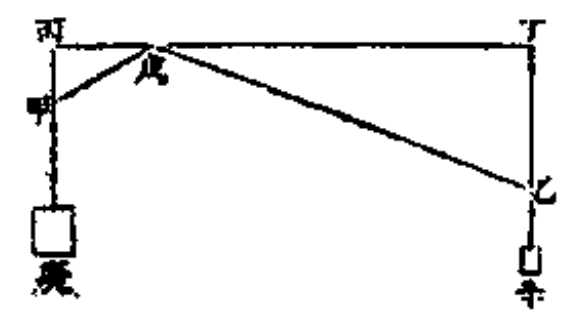
三十度正弦＝＝＝〇五〇〇〇〇〇

假如庚辛二重加於甲乙桿若平於地平時旣相定則無論何方向亦必相定

如圖甲乙爲桿之無定方向丙戊丁爲地平綫丙甲庚乙丁辛爲二垂綫若甲乙桿當平於地平時庚辛二重旣相定則庚辛之比必同於戊乙戊甲之比以等勢三角形言之戊乙戊甲與戊丁戊丙同比例故庚辛與戊丁戊丙亦同比例所以在無定方向亦定於戊點

假如庚辛兩重加於甲戊乙無重曲桿上已知戊甲戊乙二長亦知庚辛二重亦知甲戊乙角求甲乙桿定於何方向　法于戊點上作平於地平綫與庚辛二重垂綫

成直角於丙於丁有等數如左。



丁戊乙角 ═══ 半周 丁(甲戊乙上甲戊丙)

庚×甲戊×甲戊丙餘弦 ═══ 辛×乙戊×乙戊丁餘弦

═══ 辛×乙戊×(辛)+(甲戊乙上丙戊甲)餘弦

═══ 丁辛×乙戊×(甲戊乙上甲戊丙)餘弦

═══ 丁辛×乙戊×(甲戊乙餘弦)×甲戊丙餘弦

(甲戊丙正弦×甲戊乙正弦)丁

(庚×甲戊上辛×乙戊×甲戊乙餘弦)甲戊丙餘弦

═══ 辛×乙戊×甲戊乙正弦×甲戊丙正弦

∴甲戊丙正切 ═══ (庚×甲戊上辛×乙戊×甲戊乙餘弦) / (辛×乙戊×甲戊乙正弦)

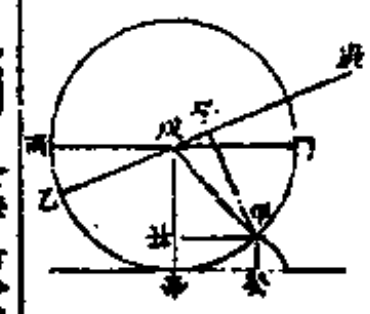
假如庚辛兩重加於甲戊乙曲桿令甲戊平於地平已知戊甲戊乙二長及甲戊乙角有庚重求辛重加此無甲戊丙角故等數如左甲戊乙角必大於直角則餘弦爲負辛爲正不然題不可推

(辛×乙戊×甲戊乙餘弦 − 庚×甲戊上) / (辛×乙戊×甲戊乙正弦) ═══ 正切

(庚×甲戊上) / (辛×乙戊×甲戊乙餘弦) ═══ 正切

諸蘭案甲戊乙爲銳角則餘弦爲正若爲鈍角則餘弦爲負辛爲正則乘正得正乘負得負辛爲負則乘正得負乘負得正以加減庚乘甲戊辛在等數兩邊正負變餘弦在等數兩邊正負不變前題與此題俱同此例

假如有載重車車全重并於輪軸戊點輪周甲點爲物所阻過此甲點當用力若干



如圖丁甲乙丙爲車輪甲點爲物甲癸所阻車重并於輪軸戊點戊辛爲車重垂綫即名重綫人力加於庚以庚戊爲力綫辛重庚力定於甲點時有比例及等數如左

一率 辛重
二率 庚力
三率 甲子 甲戊子正弦
四率 甲丑 甲戊丑正弦

庚力 ═══ 辛×甲戊子正弦 / 甲戊丑正弦

庚戊甲角正弦愈大庚力愈小若庚戊甲爲象限角則庚力最小比例等數如左

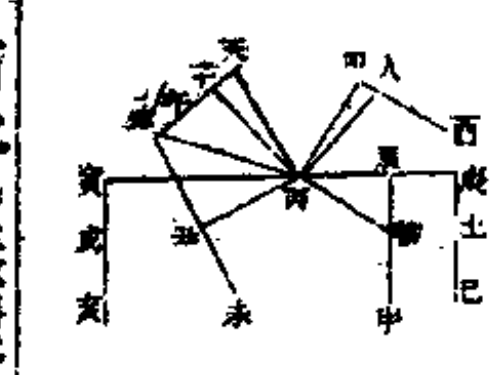
一率 辛重
二率 庚力
三率 半徑
四率 甲戊丑正弦

庚力 ═══ 辛×甲戊丑正弦 / 半徑

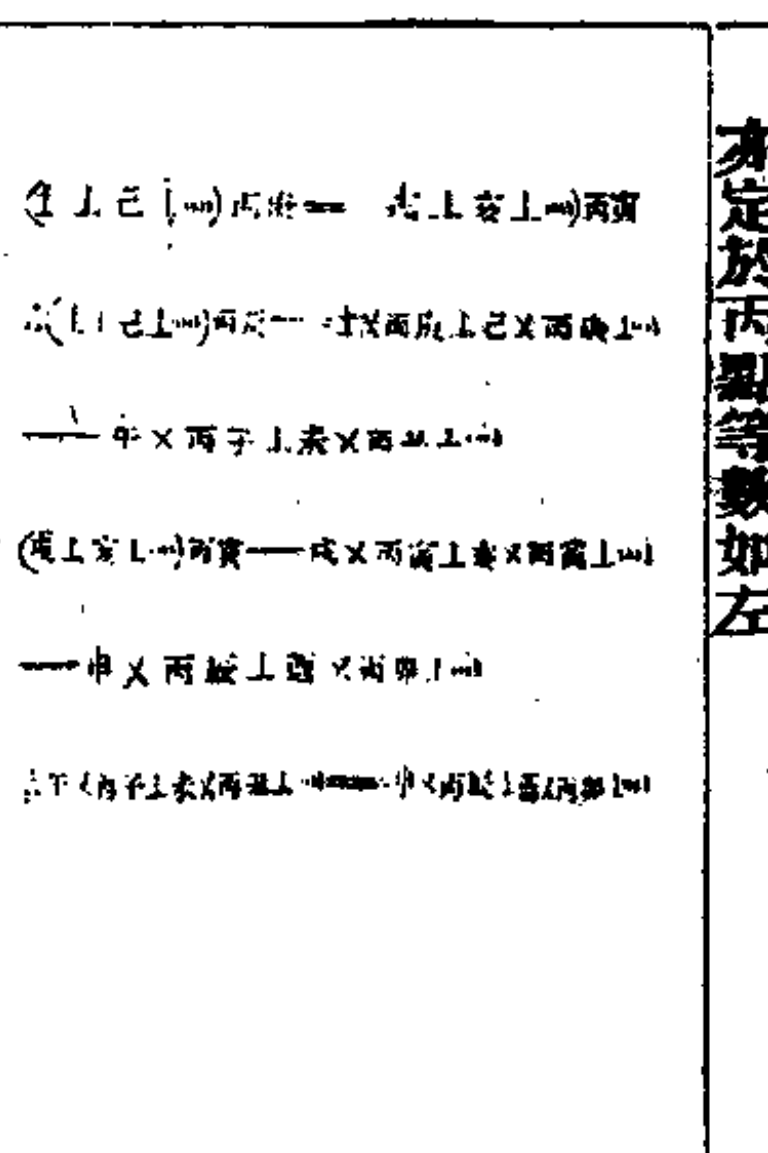
設輪愈大甲癸不變則丑辛亦不變等於甲癸故甲戊辛角愈小而用力亦愈少也

第六款 無數力重兩邊加於無數同心桿上以各力重乘各離心直角綫令兩邊之和數等則諸桿俱定

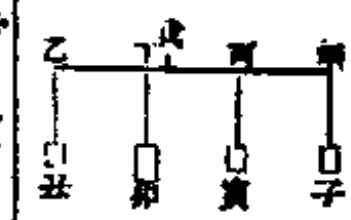
如圖天地人物四桿同以丙爲心有申酉與未午四力兩邊加之自丙心作丙辰丙卯丙子丙丑與四力方向綫各成直角令申乘丙辰加酉乘丙卯等於未乘丙丑加午乘丙子則四桿必定於丙點試於丙點作庚寅綫取土己諸重直加於庚取戌亥諸重直加於寅令土乘丙庚等於午乘丙子己乘丙庚等於未乘丙丑又戌乘丙寅等於申乘丙辰亥乘丙寅等於酉乘丙卯則有等數



觀等數而知午未申酉諸力一如在寅庚兩點定於丙點也惟土乘丙庚等於午乘丙子且土午二力定於丙點己未二力亦定於丙點推之戌與申亥與酉莫不定於丙點故并午未諸力又并土己諸力仍定於丙點也惟戌亥諸重與土己諸重皆定於丙點所以午未諸力其用與戌亥諸重同戌亥諸重與申酉諸力定於丙點故午未諸力與申酉諸力亦定於丙點也反言之若有無數力重加於無數桿上定於各桿之心則各力重乘各離心直角綫兩邊之和必等如前圖午未諸力與土己諸力定與丙點申酉諸力與戌亥諸力亦定於丙點因午未申酉諸力定於丙點故土己戌亥諸力亦定於丙點等數如左



如圖有子丑寅卯各重加於地平直桿上甲乙丙丁戊



爲定點設子乘甲戊加寅乘丙戊等於丑乘乙戊加卯乘丁戊則桿定若子乘甲戊加寅乘丙戊大於丑乘乙戊加卯乘丁戊則桿之甲端必向下乙端必向上而桿不定矣故各力乘各綫爲力能率各力乘各綫之和爲一邊全能率

假如前圖子爲三斤寅爲五斤丑爲九斤卯爲七斤甲丙丙丁丁乙各一尺求定點戊距甲點若干

用代數推之命甲戊爲天有等數如左

丙甲丁天——戊百

丁戊——二丙甲丁天

乙戊——三丙甲丁天

天(丙甲三)九上(丁天)五上天三二

天——五甲丙上七又二甲丙上九又三甲丙

三上五上七上九

——四六甲丙 二四

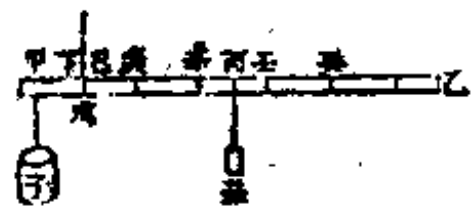
——三三甲丙 二二

求得甲戊一尺又十二分尺之十一

以天元入之草曰立天元一爲甲戊以甲丙減之得卜元爲丙戊以甲丙加丙丁以天元減之得卅卜元爲丁戊置全桿三尺以天元減之得卅卜元爲乙戊以子乘甲戊得○卅元以寅乘丙戊得卅卜元并之得卅卜元乃以丑乘乙戊得卅卜元以卯乘丁戊得卅卜元并之得卅卜元爲同數與左相消得卅卜上寅下法得一尺又十二分尺之十一即甲戊也

善蘭案此書立術俱用代數法向未繙入中土恐讀之卒難明晰故間入天元一二條欲學者因此而通彼也

造衡法　如圖甲乙有重桿爲衡丑爲權子爲重戊爲定點子重遞大則丑遞遠戊點子重遞小則丑遞近戊點以令桿定若知丙戊等距綫若干便知子遞重若干也乙戊長於甲戊乙端必向下設二重未加時但加丑重於丁點恰令桿平於地平乃取戊己等於戊丁則甲乙全桿之能等於丑重在己點之能因各與丑在丁相定故也設如前題子在甲丑在丙定於戊點是丑在丙加全桿之能與子在甲定於戊點即丑在丙加丑在己之能與子在甲定於戊點也故有等數



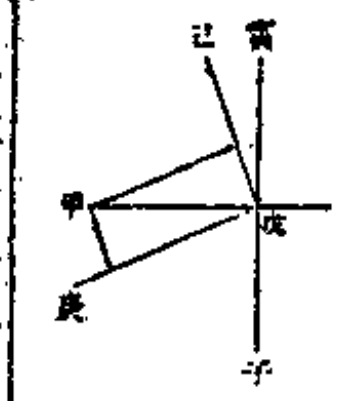
乃取丁庚與戊甲等取丁辛與兩箇戊甲等取丁壬與三箇戊甲等取丁癸與四箇戊甲等則丑在庚子與丑等丑在辛子與兩箇丑等丑在壬子與三箇丑等丑在癸子與四箇丑等設在庚爲一斤則在辛爲二斤在壬爲三斤在癸爲四斤也

設多桿不在一箇而上任加於正交動軸之諸面若力方向綫亦在此諸面上仍可以本卷之理推之但不用桿之兩端而用正交動軸之諸綫

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

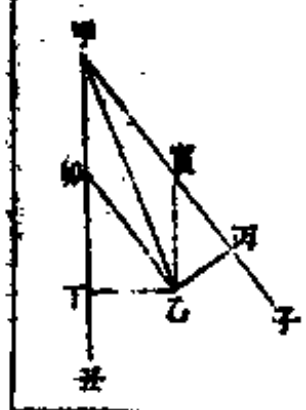
論幷力分力

前卷言桿此卷言幷力分力桿論諸能力加於一綫之理幷力分力論諸能力加於一點之理



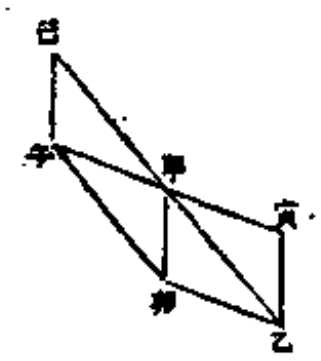
如圖己庚二能力分加於戊點其能與中間之甲力等則甲爲幷力己庚爲分力譬如二斤三斤力幷一綫加於戊點則其五斤力俱有用漸分則力漸減至對面加於戊點如寅子則二力相減如己力三斤庚力二斤相減得一斤是有用之力一斤而已一斤有用力在三斤

第一款　凡分力綫上補成平行四邊形則幷力綫卽對角綫兩邊爲二分力方向大小率對角綫爲幷力方向率



如圖子丑爲二能力加於甲點方向綫爲甲子甲丑二力大小率爲甲寅甲卯作寅乙卯乙綫補成平行四邊形再作乙丙乙丁兩綫與二方向綫成直角設甲乙爲桿乙爲定點子丑兩力加於桿上有乙丁卯乙丙寅兩等勢句股形乙卯丁角等於寅甲卯角亦等於乙寅丙角故乙丙與乙丁之比同於乙寅與乙卯之比亦同於甲卯與甲寅之比又同於丑與子之比故丑子兩重加於直桿上能使桿定卽併子丑兩力爲一力亦必能使桿定然不離甲乙綫上若離甲乙綫則桿必不定所以甲乙爲子丑幷力之綫卽對角綫也若子丑兩力之幷等於乙力則乙力必爲對角綫若有三力定於一點則每力綫必爲餘二力之對角綫

第二款　若有兩力加於一點分力大小方向率爲平行四邊形之兩邊則幷力大小率爲對角綫

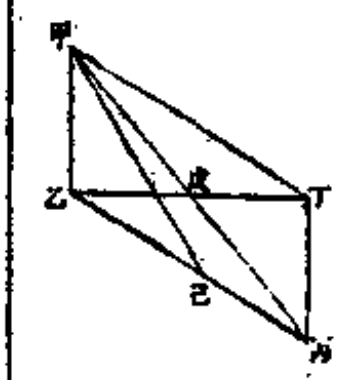


如圖甲寅甲卯爲分力大小方向綫補成甲寅乙卯平行四邊形甲寅甲卯兩力必定於乙甲方向綫上之力取甲己爲此力之大小率補成甲卯午己平行四邊形因甲寅甲卯甲己三綫定於甲點故甲寅可作卯己甲卯之幷力而甲寅方向同於甲卯午己四邊形之對角綫午甲故午甲寅爲一直綫而午甲己寅甲乙爲兩等勢三角形午甲己與寅甲乙等午己甲與甲乙寅等因午己與乙寅平行故也寅乙等於甲卯平行故亦

等於己午故甲乙爲甲己力之大小率又甲己爲甲寅甲卯之并力甲寅甲卯之并力甲乙卽甲卯之對并力率其二分力甲寅甲卯之并力大小率

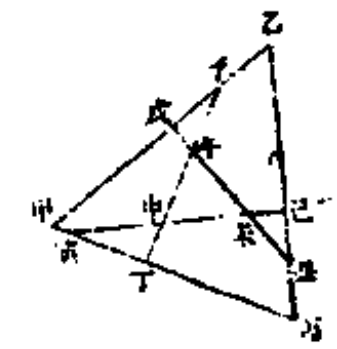
對甲己之力故甲乙爲子丑并力大小率

第三款　凡綫平行於力之方向綫之長短與力之大小有比例則綫可爲力之率（凡平行於力之方向與力之本方向無二也）

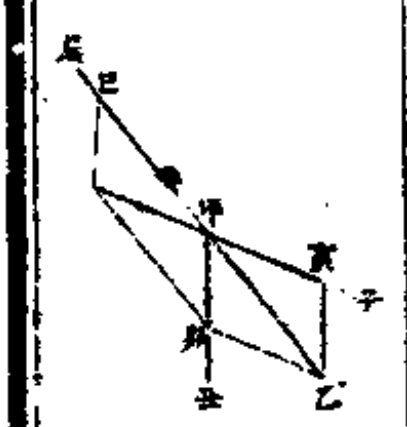


如圖甲丁甲乙兩綫借作丁乙兩力欲求并力當平分丁乙於戊作甲戊綫倍之爲甲丙卽并力也蓋平行四邊形兩對角線至交點各平分故甲丙爲甲戊之倍若有三角形三邊以次爲三力大小方向之綫加於一點點必定如甲乙丙三角形甲乙乙丙之并力卽甲丙（甲丁與乙丙等故甲丁可爲乙丙之率甲丁甲乙并力綫爲甲丙故甲丙亦爲甲乙乙丙之并力綫）所以甲乙乙丙丙甲之能力等於甲丙丙甲之能力故甲乙乙丙丙甲三力定於甲點　若有三角形之三邊爲三力之方向而又定於甲點則三邊卽爲三力之大小率若乙丙改爲乙己卽甲乙乙己之能力等於甲己之能力而不能令丙甲方向之能力定於甲點矣　凡三个相定能力知其方向卽知其大小其法作三角形令三邊平行於三力之方向則三邊之長短卽三力大小之率

如有三力定於一體作三綫與三力方向綫等勢兩兩相交成三等角此三綫所成三角形其三邊必爲三力大小率



如圖甲乙乙丙丙甲爲三力之方向綫作子丁丑戊寅己三綫交於三方向綫令甲丁子乙戊丑丙己寅三角等三綫相交成午未申三角形午戊子申丁子二形丙戊子午角卽甲子丁角而午戊子角等於甲丁子角亦卽乙戊丑角卽知他角俱等矣子午戊角等於未午申角亦等於子甲丁角午未申角等於甲乙丙角未申午角等於乙丙甲角是午未申甲乙丙爲等勢二角形故午未與未申之比同於甲乙與乙丙之比卽同於甲乙能力與乙丙能力之比申午之理亦然由此觀之若午未爲甲乙方向力之率未申申午卽爲乙丙丙甲方向二力之率　若有三箇力定於甲點各力與餘二力方向綫所成角正弦有比例

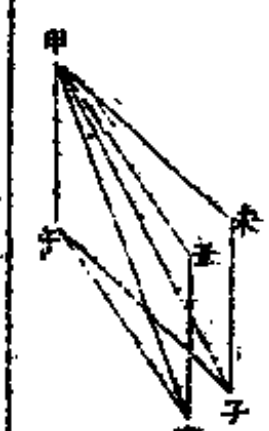


如圖子丑辰三力定於甲點其方向綫甲寅甲卯甲巳引甲巳綫至乙作卯乙綫與甲寅平行則甲卯卯乙乙甲卽三力率也是有比例

一率 丑力
二率 子力
三率 甲卯 甲乙卯正弦 寅甲乙正弦 寅甲巳正弦
四率 卯乙 卯甲乙正弦 卯甲乙正弦 卯甲巳正弦

辰子兩能力之比如卯甲寅角巳甲卯角兩正弦之比理亦同丑辰兩力亦然

兩力方向綫之間角愈小并力愈大角愈大并力愈小



如圖甲午甲未兩能力加於午甲未角之甲點因午子與甲未等亦平行故甲子爲并力綫又甲午甲丑兩能力加於午甲丑角之甲點因午寅與甲丑等亦平行故甲寅爲并力綫午寅與午子等而午甲丑角小於午甲未角則甲午寅角大於甲午子角所以甲寅大於甲子

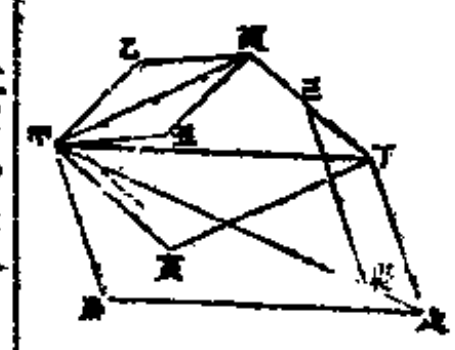
假如有船用纜繫住與風水兩能力相對纜卽爲并力風與水卽二分力設風水方向相交成直角一力四十八斤一力二十斤求并力大小方向

法曰別得風水力爲句股纜力爲弦以一力八四自乘得二五六爲股方又以一力二〇自乘得四〇〇爲句方兩力并之得七六〇〇爲弦方寄左乃以并力爲天自乘得〇元一爲同數相消得四七〇〇一開平方得五十二斤卽并力也乃以五十二斤與半徑之比同於二十斤與所求角正弦〇三八四六一五四之比檢表得二十二度三十七分卽四十八斤方向與併力綫所成之角

假如以繩引物於平地繩交地平角四十五度用力十七斤其力半有兩半無用二分力相等一向地心一平行於地平十七斤與二力同能求二力若干 法曰以分力爲天自乘倍之得二五六又以十七斤自乘得二八九爲同數相消得上式開平方得十二斤強卽分力也

天²1 天²——— 七斤
天——√二五六

第四款 有諸能力在一个面上加於一點求并力



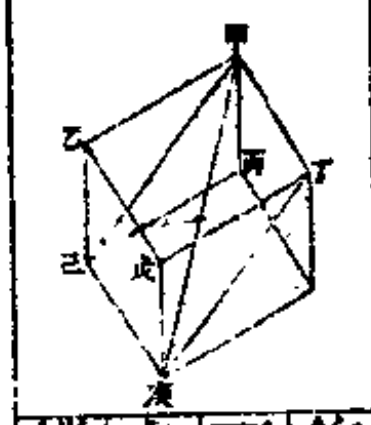
如圖甲乙甲丑甲寅甲卯諸能力在一个平面上加於甲點補成三个平行四邊形一甲乙丙丑一甲丙丁寅一甲丁戊卯又作甲丙甲丁甲戊三對角綫甲乙甲丑二力之并爲甲丙所以甲乙甲丑甲寅三力之并爲甲丙甲寅卽并爲甲丁而甲乙甲丑甲寅甲卯四力之并爲甲丁甲卯卽并爲甲戊故甲戊爲衆力之并 設諸能力依次以諸邊形各邊爲率則甲乙乙丙丙丁丁戊末一綫甲戊卽爲諸力之并綫若有諸邊形各邊依次爲諸能力之率如甲乙乙丙

丙丁丁戊戊甲共加於甲點必能令甲點定因甲乙乙丙丙丁丁戊之并力爲甲戊所以甲乙乙丙丙丁丁戊戊甲之并力爲甲戊戊甲兩等力相對而令甲點定也

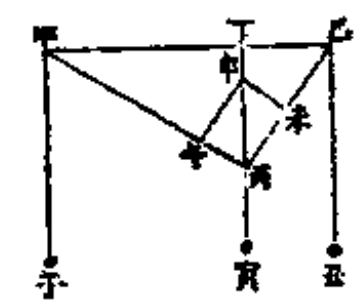
準前所論三力方向綫與三角邊平行且定於一點即大小有比例此惟三力爲然邊多即不合蓋大小變方向可不變方向變大小可不變試與丁戊平行作己庚綫如有諸力與甲乙乙丙丙己己庚庚甲比例同加於甲點甲點仍定也

第五款　有諸能力不在一个平面上加於一點求并力

如圖甲乙甲丙甲丁三力不在一个平面加於甲點先作丁乙乙丙丙丁三面又作乙庚丙庚丁庚三个平行面成平行諸邊體此體之諸面皆平行四邊形作甲己丁庚二綫成丁庚己甲平行四邊形作甲庚對角綫準前甲乙甲丙之并力爲甲己則甲乙甲丙甲丁三力之并爲甲己甲丁即并爲甲庚由此觀之諸邊平行體若同角之邊綫爲分力對角綫爲并力也　若有甲乙乙戊戊庚爲分力則甲庚爲并力　若有四力加於一點任意作四邊形四邊依次爲四力之率點即定假如有甲乙綫平於地平甲丙乙丙二綫結於丙丙下懸



重寅合丙點定求丙甲丙乙二綫能力　須知二力定於丙點所定之力有三其方向綫即丙甲丙乙丙寅將丙寅引長之成丁丙垂綫任自垂綫申點作申午申未二綫與丙乙丙甲平行三力既定於丙點則丙甲丙乙之并力必在丙申綫上又必與寅重等而丙甲丙乙二力之比必同於丙午丙未之比因此并力之率爲丙申故丙申爲寅重之率而丙午丙未爲丙甲丙乙二綫能力之率　法曰命丙甲力爲庚丙乙力爲辛推得諸等數如左



寅	丙申
丙	申午
丙申	正弦
丙午	正弦
申	丙未
午	丙未
丙	正弦
甲	丙乙
丙	乙
乙	正弦

準此推之辛爲實寅爲法等於丁丙甲正弦爲實甲丙乙正弦爲法理亦同

設甲乙點爲二滑車子丑二重懸於二滑車之下若二重等於丙甲丙乙二索力則仍與寅重定於丙點

假如甲乙爲二滑車有子重綫過甲滑車有丑重綫過乙滑車結於丙丙下懸重寅甲乙綫平於地平子丑等重三重定於丙點求丙點離甲乙綫上丁點若干

法曰如前圖作諸綫丁爲丙寅垂綫引長與甲乙綫相遇之點寅子丑三力之比同於丙申丙午丙未三綫之

比丙午等於丙未因子丑等重故也丙午亦等於午申所以午丙申午申丙申丙未丙申未四角俱等甲丙丁乙丙丁兩形亦等而甲丁等於丁乙丁點平分甲乙綫故丙寅垂綫引長之必至丁點乃作午未綫交於丙申綫之酉點午酉丙甲丁丙俱係直角卽有比例如左

一率　子力

二率　寅力

三率　丙午　丙甲

四率　丙申　倍丙酉　倍丙丁

命甲丁爲巳丙丁爲天求得等數如左

$$\text{丙甲} = \frac{(\text{巳}^2 \perp \text{天}^2)^{\text{三}}}{\text{子}^2 \text{寅}^2 \text{天}^2}$$

$$\frac{\text{子}}{\text{寅}} = \frac{(\text{巳}^2 \perp \text{天}^2)^{\text{三}}}{\text{二天}}$$

$$\frac{\text{四子}^2 \text{寅}^2 \text{天}^2}{\text{寅}^2} = \text{巳}^2 \perp \text{天}^2$$

$$\frac{\text{四子}^2 \text{寅}^2}{\text{寅}} = \text{巳}^2 - \text{天}^2$$

$$\frac{\text{四子}^2 \text{寅}^2}{(\text{巳}^2 - \text{天}^2)} = \text{天}^2$$

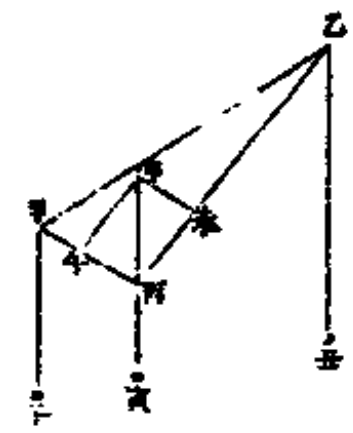
如法求得天卽丙點離丁點之數如此數爲正則天可求如爲負則不可求所以寅方必小於四箇子方而寅必小於倍子若寅等於倍子或大於倍子則寅必屢下子丑必屢上而無定處

$$\frac{\text{巳寅}}{(\text{四子}^2 \text{寅}^2)^{\text{三}}} = 0$$

如欲甲丙乙綫平於地平必令天爲無其等數爲上式等數如此必寅爲無窮小或子爲無窮大大小苟非無窮子丑之力任幾何大

牽寅上行必不能令甲丙乙爲地平直綫也設綫體有重理亦同

假如子丑兩重綫過甲乙滑車與寅重定於丙點甲乙綫不平於地平求丙點定於何處



法曰寅丙引長之成丙申垂綫與甲丙平行作申未綫與丙乙平行作午申綫則子丑寅三力之比同於丙午午申申丙三綫之比丙午申三角形已知三邊求丙申兩角列諸等數於左

丙甲午角　午丙申角　丙乙寅角　未丙申角　丙申午角

乙甲午角　乙甲子角　甲乙寅角　甲乙丑角　甲乙丙角

乙甲丙角　甲乙丙角

準右等數則知甲乙兩點卽可知乙甲子甲乙丑兩角亦可知乙甲丙甲乙丙兩角而甲乙丙三角內已知甲乙綫卽可知丙點所在也

假加有重物已知重若干加於甲丙乙丙兩足架上甲乙平於地平已知兩足長短及相離數求兩足抵力若干

法曰於丙丁垂綫上任取丙申爲重之率作申午綫平行於乙丙則丙午午申卽爲兩足

抵力之率，又法曰取甲丙乙丙方向綫上兩足之對力命爲子丑將子力分爲二二平於地平爲甲丁一垂綫爲丙丁列等數於左

甲丁 甲丙 —— 甲餘弦

丁丙 甲丙 —— 甲正弦

甲丙平力 —— 子力甲餘弦

甲丙垂力 —— 子力甲正弦

亦將丑力分爲二二平於地平爲乙丁一垂綫亦即丙丁因兩能力同載一重物故兩箇平於地平之力等對力相消也命重物爲寅兩个垂力并之等於寅故有等數如左

子甲餘弦 —— 丑乙餘弦

子甲正弦 —— 寅

子甲正弦 —— 子丑乙正弦

子甲餘弦 —— 子丑乙餘弦

子甲餘弦 —— 子丑乙餘弦

子甲正弦 —— 寅

子(甲正弦乙餘弦 —— 子丑乙正弦)

子(甲正弦乙餘弦 —— 子丑乙正弦)

子(甲正弦乙餘弦 —— 子丑乙正弦)

子(甲正弦乙餘弦 —— 子丑乙正弦)

子(甲正弦乙餘弦 —— 寅乙餘弦)

子丙正弦 —— 寅乙餘弦

子 —— 寅 乙餘弦 丙正弦

依此亦可推明子丑對力大小子丑兩力即甲丙乙丙兩足抵力也又甲丙乙丙兩足上丙點抵力與甲乙兩點分抵力等甲乙兩力亦可各分爲垂綫地平兩力列等數於左

甲垂力 —— 寅 乙餘弦甲正弦 丙正弦

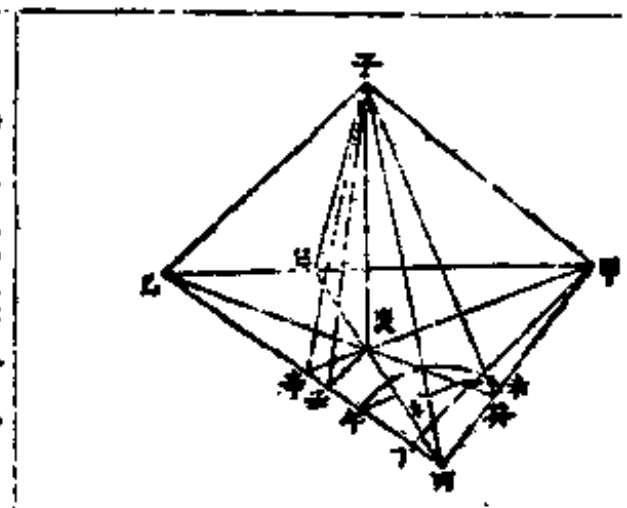
乙垂力 —— 寅 甲餘弦乙正弦 丙正弦

甲平力 —— 寅 乙餘弦甲餘弦 丙正弦

乙平力 —— 寅 甲餘弦乙餘弦 丙正弦

準此則知甲乙兩點欲對面行於平面令甲丙乙丙兩足漸闊必以物阻之或面阻力亦能阻之

假如有重物載於子甲子乙子丙三足架上之子點甲乙丙三點在地平面上已知三足長短及相距求抵力若干



此兩垂綫力并之等於甲乙面之對力

法曰先作子庚垂綫與地平成直角次作甲庚綫引長至辛次作子辛綫三足各以本方向綫之抵力並載重物生抵力於垂綫庚子方向上試去乙子丙子二力用其并力代之甲子如故則并力與甲力所出抵力仍在垂綫上而并力在甲子辛面亦在乙子丙面如此必在子辛綫上然則重物一如加於子甲子辛兩足架上可以前題之法推之列等數於左

因子庚與甲辛成直角故又有等數如左

丙乙兩足亦然　作甲丁庚壬二綫俱成直角於乙丙即有等數

乙子丙子亦然　子壬綫必成直角於乙丙庚壬子角係丙乙甲丙乙子兩面所成之角設如有球半徑爲一丙點爲心剖作尖錐體成午未申弧三角形午角等於庚壬子角若已知丙甲丙乙丙子所成之角亦知午未申申午三邊即可推午角

甲乙丙三平力以庚甲庚乙庚丙爲方向綫列等數於左

若庚點不在甲乙丙三角形丙則不能載子重

R3 册 01/29

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

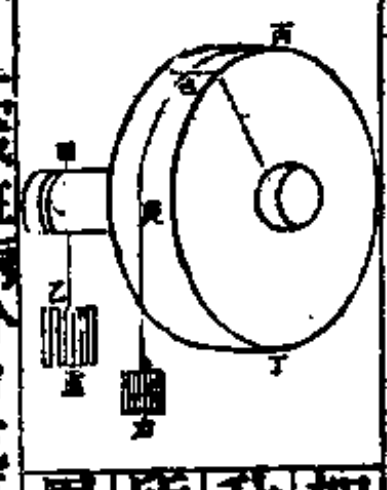
論七器

重學之器有七七器之用俱能以小力致大重令動又能以小力阻大重令不動一卷論桿力重相定之理所加之能爲力所當之物爲重此卷仍論力重定於一點之理相定之理既明則一邊略加力即令重動矣欲測阻力之多寡以等阻力之重爲率七器一曰桿二曰輪軸三曰齒輪四曰滑車五曰斜面六曰劈七曰螺旋輪軸齒輪滑車之理與桿同劈螺旋之理與斜面同力加於劈與六器異令劈動論擊力令劈不動論面阻力他器俱論抵力

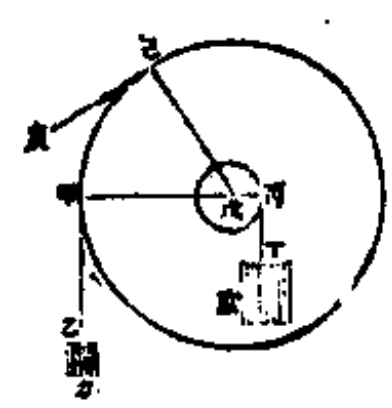
輪軸

軸即圓柱與輪連體而同心動時令全體環繞於心

如圖重懸於甲乙綫將輪轉動重或升或降欲令全體定必令重與輪周所加之力相當如力在丙丁輪周輪周綫與軸周綫相對繼繞力重或在一个平面上或在兩个平面上理同

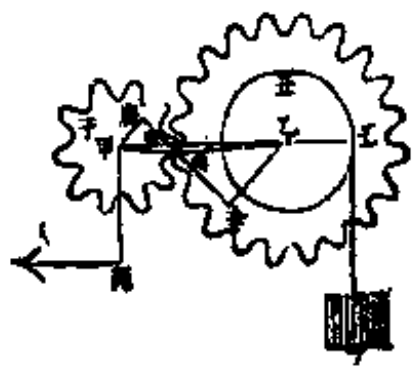


第一款　力重相對加於輪軸力與重比若軸半徑與輪半徑比



如圖力加於甲乙綫重加於丙丁綫俱在直交軸綫之丙己面上甲丙平於地平則甲丙一如桿戊爲定點故力與重比若丙戊與甲戊比不動時理與桿同略動即不同矣因重在輪軸上升降係垂綫在桿上升降成弧綫故也若不用輪將多輻湊於戊點理亦同如海舶所用盤車及絞車之類是也若能力不與甲丙綫成直角如庚己綫上之庚力作戊己綫直交戊己則庚力與重比若丙戊與己戊比

齒輪



如圖子丑二輪環繞甲乙二心輪周平分作諸齒齒必甚平滑二輪相銜於戊子輪之凹受丑輪之凸子輪之力當丑輪之重

第一款　凡齒輪力重各乘離心綫之比同於兩輪心正離合力方向綫之比

如前圖子丑二輪在一个平面上力加於子輪柄上之

丙點以轉子輪丁爲重加於丑輪之壬點戊爲二輪合力之點二輪相加爲相等對力其方向庚戊辛戊點力加於丑輪與丁重定於乙點對面力加於子輪與丙力定於甲點乃作甲庚乙辛二綫與己戊引長之綫成庚辛二直角則有比例

一率　丙力　戊力　丙力
二率　戊力　丁重　丁重
三率　甲庚　乙壬　甲庚乘乙壬
四率　甲丙　乙辛　乙辛乘甲丙

將一率三率乘甲丙二率四率乘乙壬消去相等數則有比例

一率　丙力乘甲丙
二率　丁重乘乙壬
三率　甲庚
四率　乙辛

甲乙綫交於庚辛綫上之己點甲庚與乙辛比如甲己與乙己比兩三角等勢故也（甲庚己乙辛己）所以三率之甲庚可易爲甲己四率之乙辛可易爲乙己　齒甚滑則所出抵力但正交於面齒不甚滑則生面阻力而交點抵力不正交於面分爲二力其方向一爲切綫一爲半徑切綫分力生於面阻力今姑不論

設齒甚小於輪半徑戊己二點甚近則甲己乙己差等於二點間之輪半徑而力重各乘離心綫之比同於兩輪半徑之比

一率　丙力乘甲丙
二率　丁重乘乙壬
三率　小輪半徑
四率　大輪半徑

欲令兩輪轉動不停必平分諸齒故有比例

一率　大輪齒　力乘甲丙
二率　小輪齒　重乘乙壬
三率　大輪周　大輪半徑　小輪齒
四率　小輪周　小輪半徑　大輪齒

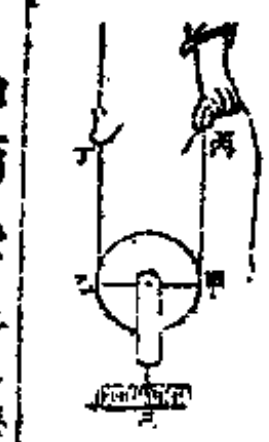
圖中之柄與小輪同軸若甲丙等於乙壬則所出能力皆在輪齒即有比例

一率　力
二率　重
三率　甲己
四率　乙己

滑車

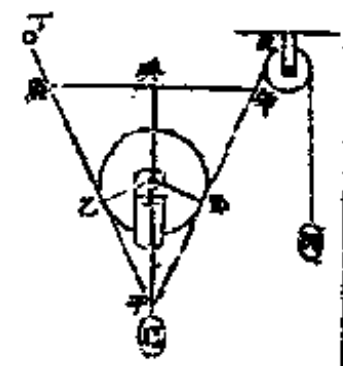
滑車有動靜之別動滑車能助力靜滑車不能助力惟能變力之方向

第一款 有索過動滑車之周兩端平行力重之比同於一與二之比



如圖丙甲乙丁索過滑車周力在丙甲丙乙丁無論長短索力恆同恆等於丙力甲乙滑車爲兩箇平行等力甲丙乙丁所載故所引己重必等於二力之和二力各等於丙力故己重等於二丙力

設索之兩端不平行如圖戊甲乙丁索丁乙戊甲二方向綫引長之會於子次於滑車心壬出綫至子又作壬甲壬乙爲滑車半徑綫甲乙俱直角兩子角等戊甲丁乙兩力加於甲乙兩點與并加於子點同兩力各等於丙所以兩力之并力綫分甲子乙角爲兩等角其方向與壬子綫同惟戊甲丁乙二力定於己重故子壬爲對重綫重係垂綫故對重亦爲垂綫作地平綫交分力綫於庚辛二點交垂綫於癸點子辛子庚二綫等可作二索力之率子癸癸庚之并爲子庚子癸癸辛之并爲子辛消去癸辛癸庚對面力上引之力爲兩个子癸有比例如左

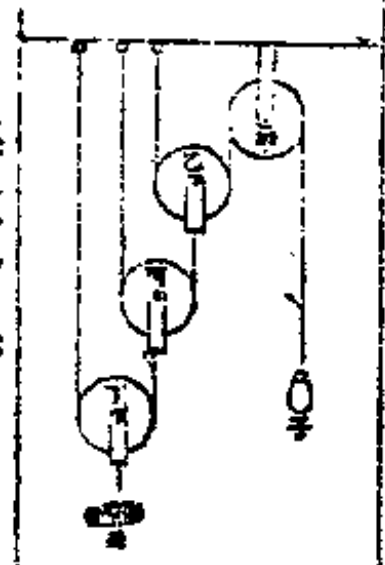


一率 力
二率 重
三率 子庚 半徑
四率 倍子癸 庚子癸角倍餘弦

所以重等於倍力乘庚子癸餘弦 設庚子癸角等於無則兩分力綫平行而庚子癸餘弦等於半徑故一重等於二力也

設庚子癸角六十度則重等於力因庚子癸餘弦等於半徑之半故也 動滑車引重兩力綫與垂綫必成等角 假令甲乙爲桿乙爲定點己重爲丙力以垂綫加於甲點所載則丙力與己重比如乙壬與甲乙比亦如一與二比故滑車不動時一如桿也 前圖

第二款 第一式連滑車力與重比同於一與二根依滑車數少一乘方積之比 如兩箇滑車則以二自乘三个滑車則以二再乘餘可類推



列等數於左

如圖連滑車第一式與一个動滑車理同各滑車有各索丁車引重丙車引丁車索乙車引丙車索乙車索經甲車爲力所引

甲乙索力＝子力

丙丁索力＝半丁力＝$\frac{重}{二}$

乙丙索力＝半丙力

＝半丙丁索力＝$\frac{重}{二}$

甲乙索力＝半乙力

＝半乙丙索力＝$\frac{重}{二}$

如此試命末滑車爲寅則有等數

$\frac{重}{二}$寅＝寅甲索力＝子力

子甲索力＝子力

寅＝$\frac{重}{二}$寅×子力

如乙丙丁滑車及架俱有體重則有等數

丁力＝丑重＋丁重

丙丁索力＝$\frac{丁力}{二}$＝$\frac{丑重}{二}$＋$\frac{丁重}{二}$

丙力＝$\frac{丑重}{二}$＋$\frac{丁重}{二}$＋丙重

乙丙索力＝$\frac{丙力}{二}$＝$\frac{丑重}{二}$＋$\frac{丁重}{二}$＋$\frac{丙重}{二}$

乙力＝丑重＋丁重＋丙重＋乙重

甲乙索力$\frac{乙力}{二}$＝$\frac{丑重}{二}$＋$\frac{丁重}{二}$＋$\frac{丙重}{二}$＋$\frac{乙重}{二}$＝子力

設有寅數有重動滑車其等數如左

子力＝$\frac{丑重}{二寅}$＋$\frac{丁重}{二寅}$＋$\frac{丙重}{二寅}$＋$\frac{乙重}{二寅}$＋$\frac{甲重}{二寅}$

子力＝$\frac{丑重}{二寅}$＋$\frac{丁重}{二寅}$＋$\frac{丙重}{二寅}$＋$\frac{乙重}{二寅}$＋$\frac{甲重}{二寅}$×寅＝$\frac{甲重}{二寅}$×子

如眾滑車各等于丁則有等數

子力＝$\frac{丑重}{二寅}$＋$\frac{丁重}{二寅}$＋$\frac{丙重}{二寅}$＋$\frac{乙重}{二寅}$＋$\frac{甲重}{二寅}$＋丁(二寅－一)

子力＝寅×丑＋丁(二寅－一)

丑＝$\frac{子力}{寅}$－丁(二寅－一)

丑＝子力－丁(二寅－一)

丑＝子力－丁(二寅－一)

丑輕丁愈大丑愈重丁愈小若等數如左

子實一率上車上五

丑一實子實一丑

設索斜交於垂綫必以分力推之然用滑車恆用平行索綫小斜角甚微可不論

第四款　第三式連滑車力與重比同於一與二根依索數乘方積少一之比

如圖各滑車用各索加於重每索之力分為二一加於重架一加於滑車又一邊之索皆平行

滑車重不論有比例及等數如左

一率　力

二率　重

三率　一

四率　二依索數連乘得數減一

戊重＝子力

乙丙索力＝丙力＝二子力

己重＝二子力

甲乙索力＝乙力＝四子力

二丁重＝二子

戊上戊上己上丁＝重

丑上子二上子二上子一＝丑

子（丑二上丑上丑上一）＝丑

丑＝（一丁實）子

設欲加滑車重則其等數如左

子丙索力＝戊重＝二子力

丙力＝二子力

乙丙索力＝己重＝二子力上丙重

乙力＝二子力上二丙重

甲乙索力＝丁重＝二子力上二丙重上乙重

甲力＝二子力＝二丙重上二乙重上甲重

惟丑重（并架在內）等於各重和所以滑車愈重丑重愈大有等數如左

子（丑二上丑二上丑一）＝丑

丙（一上二上二上一）丙

乙（一上二上二上一）乙

上一上（一上二末三車上末二車

丑＝（二實一）子（二實一一）丙

上（二實一二一）乙上一上上末二車

若滑車重各等於丁則又有等數如下

丑＝（二實一一）（子上丙一丁實一）

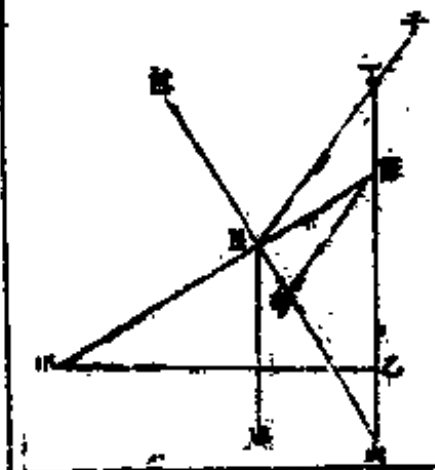
設索不平行依第一款理推之

斜面（前三器俱得理此下三器俱分力理）

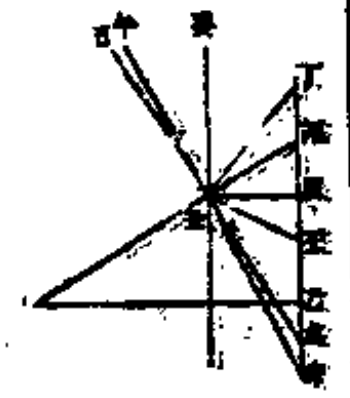
斜面與地平成角恆助起重之力

第一款　凡力引重於斜面自重點作斜面直角綫又於力方向綫上任截某點作垂綫與直角綫相遇力重之

比同於方向截綫與垂綫之比



如圖子爲力丑爲重甲丙爲斜面丑丁爲子力方向綫丑戊成直角於斜面丁戊爲垂綫與直角綫遇於戊力重之比同於丑丁丁戊之比試引長戊丑直角綫至己成斜面對力之方向綫丑己丑己力與丑丁綫上之子力定於丑重因甲丙斜面不能在甲丙或丙甲平行方向上加抵力於丑故丑重之載於甲丙一似以己丑綫引之也丑己等於甲丙之對力丑丁等於子力作丑庚綫爲重本方向是載丑重有三力其方向一丑己二丑丁三丑庚也丁戊與丑庚平行所以力重之比同於丑丁丁戊之比丑己力與子力之比同於丑戊丑丁之比



設力方向平行於地平如丑辰綫則辰點與前之丁點同丑辰成直角於丁戊子丑之比即同於丑辰辰戊之比亦同於乙丙甲乙之比己力與丑重之比同於丑戊戊辰戊之比亦同於甲丙甲乙之比

設能力方向平行於斜面則丙點與丁點同其比例如左

一率　子力　己力
二率　丑重　丑重
三率　丑丙　乙丙　丑戊　甲乙
四率　戊丙　甲丙　戊丙　甲丙

設力方向爲丑癸在垂綫上則丁點爲癸點丑丁變爲無窮綫而戊丁與丑丁等亦爲無窮綫於是子等於丑己等於無

設力方向爲丑壬與甲丙成銳角令丙丑壬角等於丙丑癸角丙丑戊丙丑己兩直角內各去一等角則餘兩角癸丑己壬丑戊亦等有等數及比例如左

壬丑戊——癸丑己——壬戊丑

∴壬丑——壬戊

∴子力——丑重

∴壬丑丙——壬丙丑——癸丑己

∴壬丑——壬丙

戊丙——二壬丙——二壬戊

一率　己力
二率　丑重
三率　丑戊　二丑戊　二甲乙
四率　壬戊　戊丙　甲丙

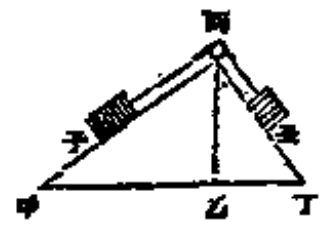
設力方向爲丑午在垂綫直角綫之間則丁點變爲辛

點在戊點之下，三力為戊辛辛丑丑戊斜面向下力生於丑辛，丑重不能定於斜面，必下行矣。試於第一圖作丙辛綫與丁丑平行，則有比例。

一率　子力
二率　丑重
三率　丁丑　丙辛
四率　丁戊　丙戊

設丑為定重，丙辛愈小，子力亦愈小，若丙辛同於丙丑，則子力方向同於斜面甲丙。

設兩重分加兩斜面，相聯以索，索與斜面俱平行，命兩邊相等之索力為己，則有比例。



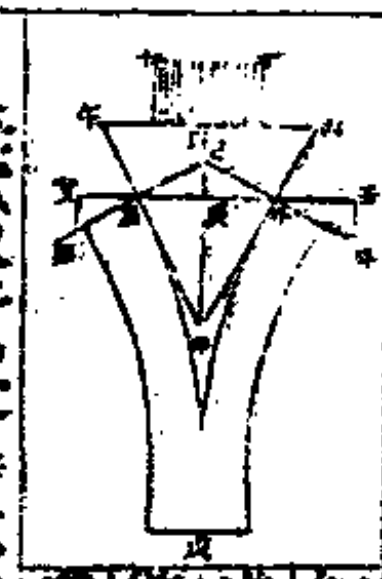
一率　己力　丑重　丑重
二率　子重　己力　子重
三率　乙丙　丁丙　丁丙
四率　甲丙　乙丙　甲丙

設重加於曲面，則以甲丙（第一圖）為曲面之切綫，切於丑點，與甲丙直面之理同，蓋重力之最要者，面上丑點方向丑點在曲面當不動時，斜勢與直面無異也。設丑不作一點，乃至大與甲丙等，若不論面阻力，力重之比例仍同，蓋重體分為若干點，與全力分為若干分，在斜面比例皆同，故合眾點與全力比例仍同也。以角之正餘弦言之，則有比例。

一率　子力
二率　丑重
三率　丑丁　戊角正弦　丙甲乙角正弦
四率　丁戊　丑角正弦　丁丑己角正弦（即丁丑丙角餘弦）

劈

劈為五面體，上面及下兩斜面，或長方，或正方，旁兩面三角形，兩斜面所合之邊為劈口，用以劈物，故名劈，將劈口入所劈物中，從劈背用力，或捶之，或推之，此劈之用也。



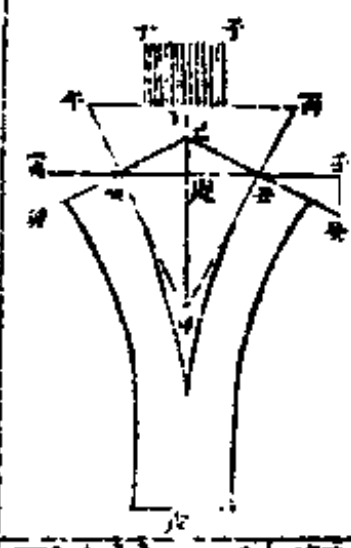
加圖甲丙甲午為劈之兩斜面，丑戊辰為所劈之物，物之兩邊，其力欲合戊為不可開處，丑辰為可開處，欲論加力劈後，令與對力適平，試取子力，令劈不進不退，有相定之理，而題可推。

戊所生阻力與劈背之子力定於丑辰，因戊點不可開，不論何力，令丑點動（辰點仿此）必行於丑壬方向，綫（實則丑點必行於丑壬為切綫之曲綫，丑壬綫者，相定時曲綫斜勢與直綫無異）作丑癸綫直交劈面丙甲，作壬癸與壬丑成直角，丑癸為力加於丑點之率，即為丑壬壬癸，并力綫壬癸抵戊點，對力消去不用，故

惟用丑壬以抵丑點阻力蓋丑點阻力必以直加丑點之抵力爲率也今借丑壬辰寅爲丑辰動時所行之綫假令去劈以丑辰爲令戊丑戊辰不動之能力其方向綫仍爲丑壬辰寅所以丑辰爲令劈定之阻力率因劈力與阻力等故也令劈面甚滑丑辰所加之力必成直角於劈面乃可明劈力阻力之比例以劈爲等腰三角形甲丑甲辰兩邊等甲丑壬甲辰寅兩角等丑辰兩阻力亦等丁甲力綫必經甲點平分丑甲辰角

第一款　求劈力阻力之比例

試用前圖作己丑癸綫與甲丙成直角作己辰卯綫必與甲午成直角己甲丑己甲辰兩三角等故也作丑辰綫交己甲綫於庚庚丑與庚辰等設丑癸等於丑己則爲正交劈面之劈力率丑壬壬癸之幷力卽丑癸丑壬等於阻力壬癸正交丑壬爲對面戊點阻力所消故不用也所以丑壬爲阻力率丑己等於丑癸爲劈面對力率辰點之對力可取辰己爲率惟丑己爲丑庚庚己幷力辰己爲辰庚庚己幷力丑庚辰庚爲相對力消去所餘之兩个庚己爲阻力以兩个子力爲對力而定於丑辰兩點也



一率　倍子力
二率　阻力
三率　倍庚己
四率　丑壬

設丑壬丑癸爲一綫則丑點當行之綫正交甲丙丑庚己甲丁丙爲等勢三角形則有比例

一率　劈力　　倍劈力
二率　阻力　　阻力
三率　庚己　庚己　丁丙　丙午
四率　丑癸　丑己　甲丙　甲丙

設丑壬直交於甲丁則比例如左

一率　劈力　　倍劈力
二率　阻力　　阻力
三率　庚己　庚己　丁丙　丙午
四率　丑壬　庚丑　甲丁　甲丁

甲丙邊之阻力其方向綫必與甲丙成直角丑點何以不行於此綫因別有阻力生於戊點故也如癸丑阻力直交甲丙與對力丑癸等使丑癸略大則丑點當行於丑癸綫因丑癸力分爲二力一丑壬一壬癸戊點所生阻力爲癸壬與壬癸相消僅存丑壬所以丑點不行於

丑癸而行於丑壬也

因丑己等於丑癸故右比例

一率　倍子力

二率　阻力

三率　丑己除倍己庚　己丑庚倍正弦

四率　丑癸除丑壬　壬丑癸餘弦

一率　倍子力

二率　倍阻力

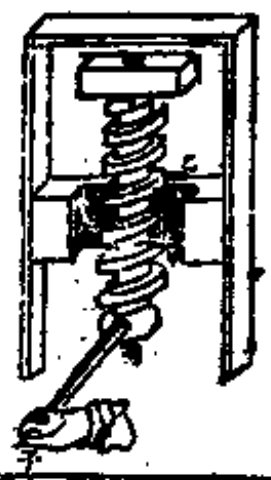
三率　己丑庚正弦

四率　壬丑癸餘弦

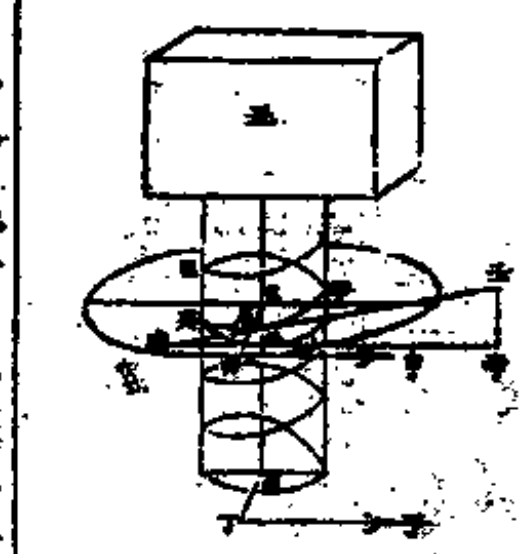
所以兩邊兩箇阻力爲統其之阻力也

螺旋

螺旋爲圓柱以綫勻繞於柱周卽螺旋之形也



如圖陽螺旋丙丁入陰螺旋甲乙中陰陽螺綫適相配合欲顯螺旋之理故圖中去陰螺旋之半若陰螺旋堅固不動則陽螺旋轉而動時必環繞中綫以生進退設爲垂直之螺旋以重丑加之陽螺旋必下行矣陽螺旋之各點行於陰螺旋之螺綫與行於斜面之理同設子力在下阻之令螺旋不動而重不下螺旋中綫爲垂綫則螺綫層層與地平成同角故螺綫一如斜面繞於圓柱



如圖庚辛壬正三角形庚壬卽斜面庚戊辛底綫等於圓柱之周綫癸戊癸圓周平於地平設將三角形繞於圓柱令庚戊辛合於癸戊癸則庚辰壬卽同於螺綫癸辰己壬辛卽同於癸己與圓心綫平行爲螺綫兩層之距綫故曰螺綫一如斜面繞於圓柱也

第一款　設有垂直之螺旋上載丑重下有子力方向平於地平直加於丙丁柄力重之比同於螺綫兩層之距綫與丙丁爲半徑所作圓周之比

如第二圖陰螺旋爲癸甲己陰螺旋之凹綫加於陽螺旋之凸綫螺綫若干層卽知載物若干重全重爲各層之和假如於辰點加未重作卯辰巳等於丙丁柄取申爲力其方向綫平於地平直加於卯以抵未重則未重一如在斜面庚辰壬因未在辰點庚辰壬及癸辰己方向同故也申力能生平於地平之力於辰點令辰點不下命此力爲酉以桿理明之則有比例

一率 申力
二率 酉力
三率 巳辰 巳辰半徑之周
四率 巳卯 巳卯半徑之周
以斜面之理言之又有比例
一率 酉力 申力
二率 未重 未重
三率 辛壬 己癸 癸巳
四率 辛庚 辰巳半徑之周 卯巳半徑之周
設更有戊力直加等於丙丁柄之綫上以抵亥重比例
亦同
一率 戊力
二率 亥重
三率 癸己
四率 卯巳半徑之周
所以有衆力以抵衆重則有等數

取角代 取亢代 則等數式如下

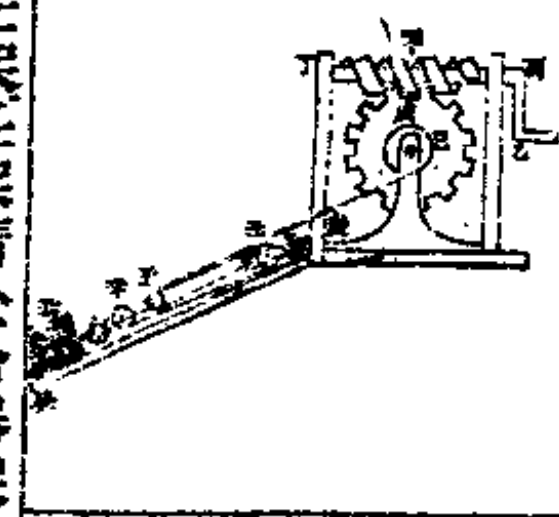
全重等於衆重之和全力加於丁點一如衆力分加己
卯等綫故有比例
一率 全力
二率 全重
三率 螺綫兩層距
四率 柄半徑周
設圓柱之中綫不作垂綫不論何方向所生抵力比例
總同 或陽螺旋不動陰螺旋動或陰螺旋不動陽螺
旋動理無異也螺綫或方或圓或他形狀俱不論但與
圓柱底面所成之角同其功用總同 若螺綫兩層相
距同圓柱半徑不論大小力重之比無二

論助力合器

合諸助力器爲一器欲知器之助力有若干視所生之力
多於原力幾倍卽是也 桿之助力乃力距定點與重距
定點之比輪軸之助力乃輪半徑與軸半徑之比齒輪之
助力乃大輪齒數與小輪齒數之比（齒小則有此比例否則異）單滑車
之助力乃二與一之比連滑車之助力第一式乃一與二
根依滑車數少一乘方積之比第二式乃一與索數之比
第三式乃一與二根依索數乘方積少一之比（索平行滑車無重有此諸比例否則異）斜面之助力乃弦與股之比（力方向綫與斜面平行有此比例否）

則異勞之助力乃勞邊與勞背之比阻力成直角於勞邊有此此例否則異螺旋之助力乃力距圓柱心爲半徑所成圓周與螺綫兩層相距之比方面與中綫成直角有此比例否則異準此可推助力合器之率

第一款 欲知助力合器助力若干以各器之助力率相乘卽得



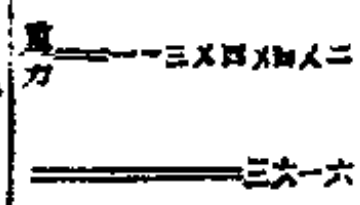
如圖合輪軸螺旋齒輪滑車斜面爲一器乙丙爲轉軸柄丙丁爲螺旋軸螺綫甲加於齒輪戊戊己爲輪軸軸上索過辛滑車再過壬滑車再過子滑車著於壬架壬架著於合器架之庚庚癸爲斜面有乙力正加於乙丙借諸器助力以引丑重有比例如左

一率 甲抵力　己抵力　辛力
二率 乙力　甲抵力　己索力
三率 丙乙半徑周　戊甲半徑　索數
四率 兩螺綫距　戊己半徑　一
一率 丑重
二率 庚辛力
三率 斜面長
四率 斜面高

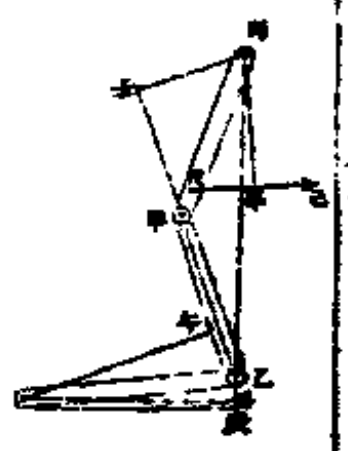
命第一比例爲寅第二爲卯第三爲辰第四爲巳則有比例

一率 丑重
二率 乙力
三率 寅卯辰巳三率連乘
四率 寅卯辰巳四率連乘

假如乙丙十八寸其周一百一十三寸强面螺綫距一寸卽寅戊甲半徑二十四寸約之得四寸戊己半徑六寸約之得一卽卯辛之索數四卽辰斜面與地平成角三十度命半徑爲二正弦爲一卽巳有等數如左



所以丑重一萬零八百四十八斤乙力只三斤可引之令適相定略加力卽能運動萬餘斤之重矣



如圖丙甲甲乙乙丁三桿爲一器三桿在一个平面上丙丁爲兩定點甲乙爲兩活銷有戊己方向力加於戊點卽有抵力生於乙點其方向丙乙有阻力在乙庚之間庚點不可動欲知抵力多少作丙辛綫與戊己成直角作丙壬丁午二綫與甲乙引長至壬

成直角作丁癸綫與丙乙引長至戊成直角戊己爲戊力方向丙乙爲乙力方向丙甲桿用甲乙桿生抵力於乙丁桿其方向在甲乙綫上爲乙力之對力其對面力以乙甲方向加於甲丙桿爲戊力之對力命爲寅力其比例如左

一率　戊力　寅力　戊力

二率　寅力　乙力　乙力

三率　丙壬　丁癸　丙壬乘丁癸

四率　丙辛　丁午　丙辛乘丁午

設丙甲甲乙爲一直綫則無丙壬而乙力較戊力爲無窮大故用此器必令丙甲甲乙略近直綫則所加之戊力甚小所生之乙力甚大

重學卷三終

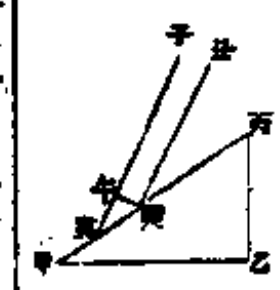
英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論諸器合力

甚小力用助力器可舉甚重然力愈增則時亦愈增用助力愈多重動之速愈減凡重動所過路比例恆同則路之比恆同於速之比設路參差無定比例分路爲無窮微路則諸微路之比同於諸微速之比

第一款　已知方向求動速

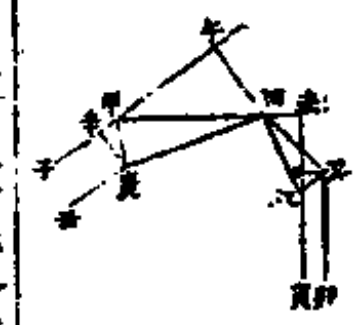
如圖寅點行於寅卯路而子寅丑卯兩平行力綫不與寅卯同方向作卯午與子寅成直角寅卯爲本方向動速率寅午卽爲寅點在寅子方向之動速率有比例



一率　半徑
二率　子寅卯角餘弦
三率　寅卯
四率　寅午

第二款　任何助力器力重之比必同於重方向綫上重動速與力方向綫上力動速之比　今依次引各助力器以明其理

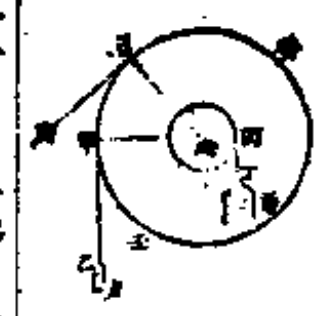
如圖甲丙乙曲捍有子寅二力加之其方向甲子乙寅作丙午丙未與二方向綫引長之成直角於午於未設捍之兩端微動變爲庚丙癸則甲至庚乙至癸所過甲庚乙癸兩小弧之比同於甲乙兩速之比因弧極小無異直綫故作庚辛癸壬與甲子乙寅成直角則準前款甲辛乙壬爲二力方向綫上之速率設甲庚爲直綫丙甲庚角當極小時必幾同直角丙甲午庚甲辛二角和亦幾同直角而與丙甲午甲丙午二角和等兩箇相等和角中各去一丙甲午角則所餘庚甲辛甲丙午二角必等故甲丙午庚甲辛爲等勢三角形又丙乙未乙癸壬三形亦等勢庚丙癸甲丙乙兩角等各去一庚丙乙角則所餘甲丙庚乙丙癸兩角必等丙甲與丙庚等丙乙與丙癸等則甲丙庚乙丙癸兩形亦等勢所以有比例



一率　甲辛　甲庚　乙癸　甲辛　力速
二率　甲庚　乙癸　乙壬　乙壬　重速
三率　丙午　丙甲　丙乙　丙午　重卽寅力
四率　丙甲　丙乙　丙未　丙未　力

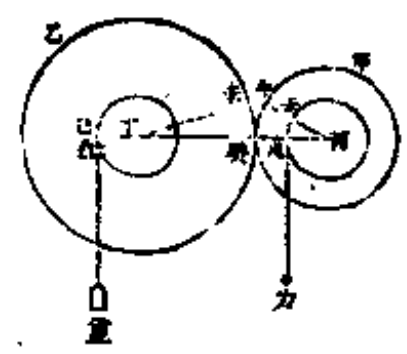
如圖壬癸子輪戊爲軸轉動時甲力丙重二點所過兩

弧綫之比必同於甲戊丙戊兩半徑之比又兩弧綫之比同於輪軸兩索收放上下之比故亦同於力速重速之比



一率	力速	戊甲
二率	重速	戊丙
三率	戊甲	重
四率	戊丙	力

如圖甲爲小齒輪乙爲大齒輪齒俱極細故切點癸一如在丙丁兩心聯綫上設丙戊丁己兩軸半徑等則力與重比如丙癸與丁癸比若兩輪轉動令在癸二切點各行小弧度至午至未癸午癸未必等因俱從癸點起故也作丙午綫交丙軸周壬作丁未綫交丁軸周酉戊壬己酉爲力重升降之弧綫則有比例



一率	戊壬	癸未（即癸午）	戊壬　力速
二率	癸午	己酉	己酉　重速
三率	丙戊	丁癸	丁癸　重
四率	丙癸	丁己（即丙戊）	丙癸　力

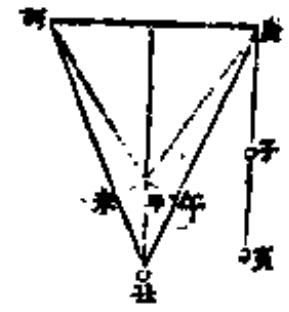
一率	戊壬	丙癸
二率	己酉	丁癸
三率	甲輪弧速	乙輪弧速
四率	乙輪弧速	甲輪弧速

同時刻甲輪轉數同時刻乙輪轉數之比

如圖己重加於單動滑車滑車上升一寸則兩邊之索下端各減一寸甲丙索上端上升二寸丙力亦升二寸故有比例

一率	力速	三率　二　重
二率	重速	四率　一　力

如圖單動滑車索不平行滑車體甚小當作一點如重加於丑丑庚丑丙爲方向綫若滑車從丑上升至甲甲丙甲庚爲方向綫則子力過子寅綫下行至寅取庚午丙未令與甲庚甲丙等則丑午丑未二綫和爲丙甲庚所縮之綫即爲庚子所增之子寅綫設丑庚甲角甚小則甲午與丑庚相交幾同直角而甲未一如正交於丑丙則有比例



一率	半徑	半徑
二率	甲丑午角（即庚丑甲角）	餘弦　庚丑甲角餘弦

三率 丑甲 丑甲

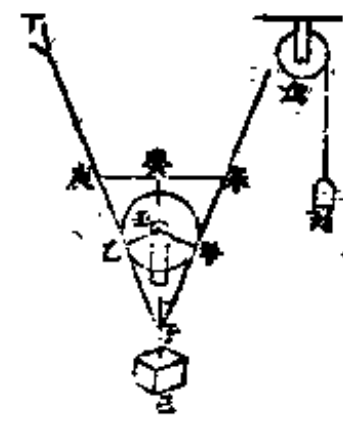
四率 丑午 丑未

一率 半徑 力

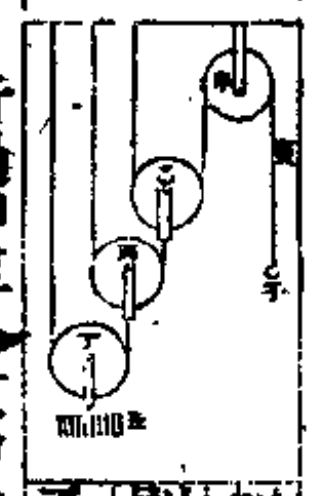
二率 庚丑甲角倍餘弦 重

三率 丑甲 重速

四率 子寅即丑午丑未和 力速



設滑車體大如上圖因改方向不多故二索仍加各平行於本方向又繞滑車一端之索不變故力速亦不變



如圖第一式連滑車丑重上升一寸則丁丙索升二寸丙車亦升二寸丙乙索升四寸乙車亦升四寸乙甲索行過甲車八寸力自寅至子亦行八寸故有比例

一率 力速

二率 重速

三率 二根依滑車數少一乘方積 重

四率 一 力

如圖第二式連滑車丑重上升一寸則各索俱減一寸并之爲全索所減之寸即甲子繩上所增之實子也 丑升一寸則過丁車者索一寸過丙車者索二寸過乙車者索三寸過甲車者索四寸比例如左

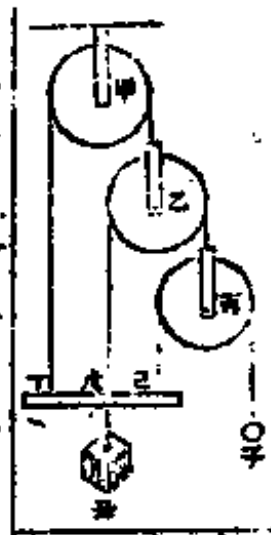
一率 力速

二率 重速

三率 索數 重

四率 一 力

丁丙乙甲四車半徑之比同於一二三四之比四車圓周遲速之比同於各半徑之比而同時刻中各車所行弧度或周數必等故可將丁乙兩車同置一軸亦可將甲丙兩車同置一軸也



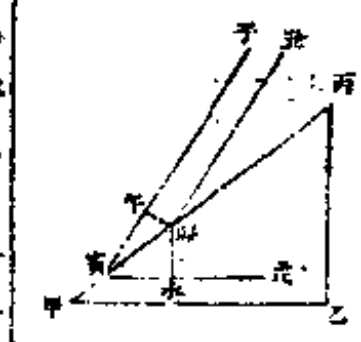
如圖第三式連滑車丑重上升一寸乙車下行一寸丙車下行二寸因架戊點升一寸故丙車又下行一寸共下行三寸子力下行四寸因丙車又下行一寸故子力又下行二寸因架已點升一寸故子力又下行一寸共下行七寸比例如左

一率 力速

二率 重速

三率 二根依動滑車數乘方積少一 重

四率 一 力



如圖甲丙斜面上重自寅微動至卯力綫子寅行至丑卯因動甚微仍若與子寅平行乃作寅戊地平綫次作卯未卯午與寅戊寅子成直角寅午卯未當微小時與力重方向綫上之速同比例

一率 寅午 力速

二率 卯未 重速

三率 寅卯乘丙寅子角餘弦 丙寅子餘弦 重

四率 寅卯乘丙甲乙角正弦 丙甲乙正弦 力

如圖甲丙丁爲等邊劈之半形丁丙爲平分劈背綫丁甲爲方向綫劈口自甲微動至子己點行於己戊方向綫上作己辰綫與甲丙成直角卽有比例

一率 己午

二率 半徑

三率 己未 甲子乘丁甲丙正弦

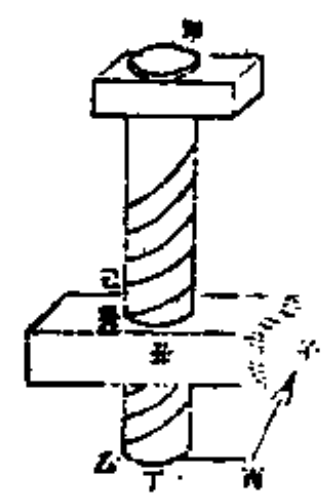
四率 午己辰餘弦 戊己辰餘弦

一率 甲子卽丁卯 力速

二率 己午 重速

三率 戊己辰餘弦 重

四率 丁甲丙正弦 力



如圖甲乙爲螺旋丙丁柄平於地平子力加於丙平轉一次所過之路爲丙丁半徑之周丑重以平速升自癸至己故有比例

一率 力速

二率 重速

三率 丙丁半徑之周 重

四率 癸己 力

欲知助力合器力速重速之比例以各器力重速率相乘爲合力重速比例率欲知助力合器力重之比例以各器力重率相乘爲合力重比例率故凡助力器力重相定時若將器微動卽有比例

一率 力方向綫上力速

二率 重方向綫上重速

三率 重

四率 力

若子力乘力速等於丑重乘重速則力重無不定設另取丁重與子力相定於一器則子力乘子速卽等於丁

重乘丁速若器不易則丁速等於丑速故丁等於丑而子丑相定

善蘭案此款中曲桿斜面等三條皆言微動竊謂曲桿動時力重比例及力速重速比例處處不同故當論微動總論中所謂路參差無定比例分路為諸微路諸微路之比同於諸微速之比是也若斜面與劈力方向不變比例亦不變初不必論微動亦云微動者以力方向變言之耳恐學者生疑故詳辨之

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論重心

無論一體合體必有重心地力加之諸點任何方向必定於此點何以知有重心如後款中無論何合體俱可推測此心所在故知必有重心且知此心只有一箇而無第二箇各體無論或斷或聯此心俱可推測

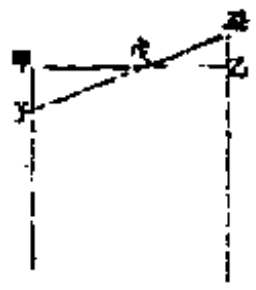
卷中有數條不論地力但論體大小或但論平行能力亦可推測其心因不言重故名大小體心或名平行能力心若有綫或面過合體重心將此綫或面舉起合體必定於此綫此面因重心既定不論何方向合體俱定故也

第一款　凡合質體無論以何方向定於一綫重心必在此綫上

設合無數質點爲一體定於直綫則兩邊各質點重距積之和必等重距積者直交重心面之綫乘本重所得之積也設欲求每質點重距積若干法分其力爲二第一力方向平行於綫軸即過重心綫第二力在直交綫軸之面上第一力不用已知綫軸之方向第二力與點之全質恆有比例與點距過軸垂面亦有比例若云重心或不在合體所定之綫內試將合體易方向置之令所定之綫與重心不在一箇垂面內合體在此方向時設所定之綫漸移平行於本綫經過重心則綫軸一邊質點漸多各點距垂面之綫亦加大一邊質點漸少各點距垂面之綫亦減小而合體定然則綫未移時合體必不定蓋一邊之勢必偏向下因質點多距綫大兼此二者故也若合體亦定無是理矣如此則任何方向合體不能定於重心不在之綫上綫必過重心方能令合體定而合體任何方向定於一綫不可云此綫不過重心也合體不能有二重心所以任何方向合體定於二綫重心必在此二綫之交點若合體用一箇方向定於一綫重心必在經過此綫之垂面內若云重心不在此面內可作一綫經過重心則合體必定於此綫是合體可定於兩箇不同垂面之綫矣必無是理

第二款　有子丑二質點求重心

法作子丑聯綫則子丑一如加於直桿比例如左



一率	子加丑	丑
二率	子	子
三率	子丑綫	戊干

四率　戊丑綫　戊丑

求得戊點必爲重心乃作甲戊乙地平綫直交於兩垂綫則有比例

一率　子

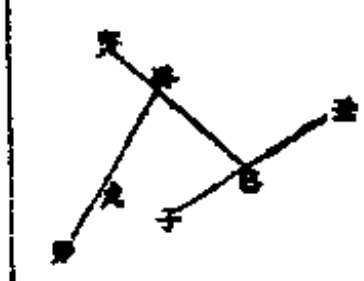
二率　丑

三率　戊丑　戊乙

四率　戊子　戊甲

子乘戊甲等於丑乘戊乙所以子丑不論何方向必定於戊點故戊點爲重心　子丑二重加於甲乙與加於子丑同蓋加於甲乙戊點抵力等於子加丑則子丑不論在何方向戊點上抵力恆等於二重之和也

設有無數質點欲求重心



如圖子丑作直桿論令子丑與子己比如子丑二重和與丑重比則準前論子丑任在何方向恆定於己點己點抵力恆等於子丑和作己寅綫其比例如左

一率　己寅　　癸寅

二率　己癸　　己癸

三率　子丑寅和重　子丑和重　己抵力

四率　寅重　　寅重　寅抵力

則己寅二力任在何方向恆定於癸點故癸點爲子丑寅重心癸點抵力等於子丑寅三重和作癸卯綫其比例如左

一率　癸卯　　戊卯

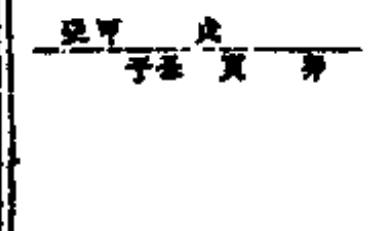
二率　癸戊　　戊癸

三率　子丑寅卯和重　子丑寅和重　癸抵力

四率　卯重　　卯重　卯抵力

則卯癸二力任在何方向恆定於戊點故戊點爲子丑寅卯之重心戊點抵力等於子丑寅卯四重和不論多少點理俱同諸質點不在一箇平面上亦同　設無數質點定於一點不依次序推測重心其理無異　將重心舉起抵力等於合體之全重　令諸點力相抵如前例諸點必相連然卽令諸點不相連且動而不定亦有此重心可推測也　設非地力而有他平速力以平行綫加於合體欲推測其心理同

第三款　設有諸質點在一直綫上求重心



如圖甲卯綫平於地平時設戊爲諸點之定點則戊必爲重心欲求戊點先取甲點因子丑寅卯諸點相定卽有等數

[illegible]

已知甲戊卯知戊點質點任多少理俱同　若重心戊不在丑寅間而在子丑間則等數之左邊變爲設在右邊理同　設有質點在甲點之左如辰點則爲負數在等數式中不爲而變爲卯

第四款　諸質點在一个平面上求重心

如圖用第二款理推得戊爲重心乃於本面上任作甲木綫式作子金丑水寅水卯火諸綫又作己天癸地戊辛諸綫俱直交於此面又作午己未綫平行於甲木直交子金丑木二綫於午於未因子己午

丑己未爲兩个等勢三角形故有等數如左

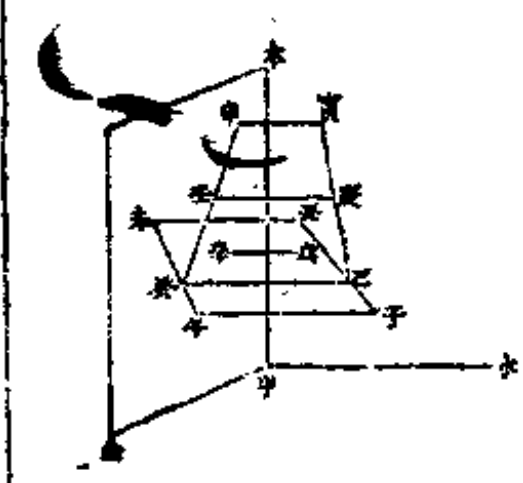
準第二款等數中子丑和乘己癸等於寅乘寅癸故又有等數

任有若干質點皆依此推之等數如下

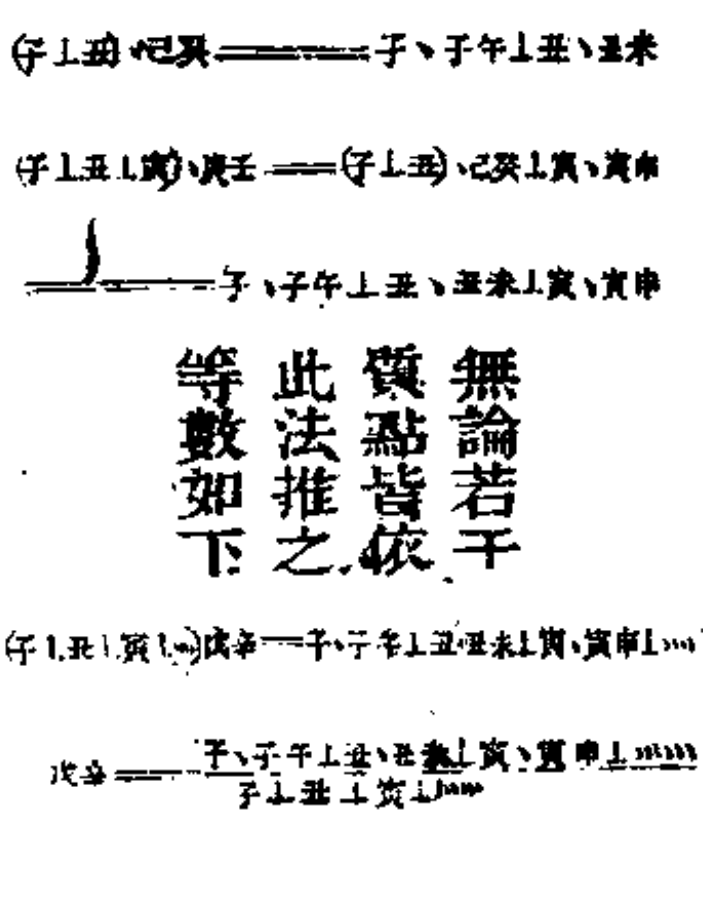
設依戊辛距綫作庚土綫平行於甲木重心必在此綫上若再作甲庚垂綫卽可推戊庚之距若干乃依此距

作壬辛綫平行於甲庚則壬辛庚壬二綫之交點爲重心　設子金丑木戊辛諸平行綫不直交於甲木戊辛重心距之等數仍同

第五款　有諸質點不在一个平面上求重心



如圖作木甲金面次作子午丑未諸綫俱直交於此面次從子丑重心己點子丑寅重心庚點作己癸庚壬諸綫亦直交於此面又從合體重心戊點作戊辛綫亦直交於此面因子午丑未己癸三綫在一个平面上俱與午未成直角又己癸庚壬寅申三綫在一个平面上俱與癸申成直角故有等數如左



無論若干質點皆依此法推之等數如下

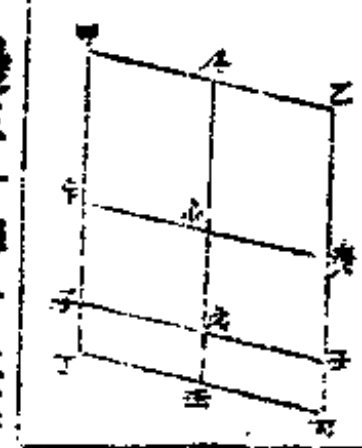
乃以戊辛爲距與木甲金面平行再作一面則重心戊點必在此面上　設木甲金外另作金甲水及水甲木二面求得重心離二面若干取爲距與二面平行再作二面則重心必在三平行面上所以重心必在三平行面之交點

第六款　諸質點之能或散而相定或收於重心而相定其理無異

如二款圖取甲乙綫或取一點爲諸質點所定設有垂面經過此綫此點子丑寅卯諸質點高下不同作子金丑木諸綫各直交於垂面幷子乘子金丑乘丑木諸力能率爲全能率（見卷一六款）此率不變諸質點相定之勢亦不變諸質點之能若收於重心戊點則戊點全力等於子丑寅卯諸質點之和乘戊辛爲全能率此一點之全能率與諸點之全能率等　任有若干質點其能散而載於重心與幷而收於重心重心之抵力恆同　設子丑寅卯爲各質體則一如各質體之諸點能力收於重心而題可推

假如有一直綫厚薄闊狹停勻求重心在何點　此綫既停勻必定於中點中點卽重心

假如有平行四邊形面求重心在何點

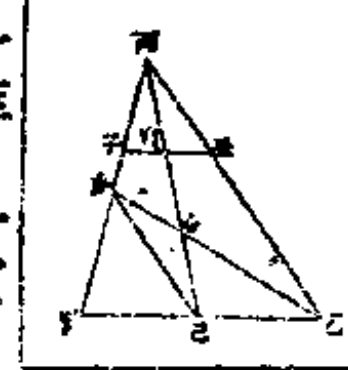


如圖甲丙爲平行四邊形面平分甲乙丁丙二綫於癸於壬亦平分甲丁乙丙二綫於辛於庚次作壬癸庚辛二綫交於心點心點卽重心也　四

邊形一如子丑等多綫平行於甲乙積而成此面子戊與甲癸癸乙戊丑俱等在作綫俱如子丑不論在面上何處俱定於壬癸所以全面亦定於壬癸庚辛之理亦如壬癸俱爲重心綫故二綫相交之心點必爲重心

假如有三角面求重心在何點

如圖甲乙丙三角面平分甲乙於己亦平分甲丙於庚作己丙庚乙二對角綫相交於心點心卽重心也　三角面一如子丑等平增減綫（自丙向甲乙則平增自甲乙向丙則平減）平行於甲乙積而成此面卽有比例



一率　子寅

二率　甲己

三率　寅丙　寅丑

四率　己丙　己乙

惟甲己等於己乙故子寅亦等於寅丑故諸平行綫皆定於丙己而全面亦定於丙己也平行於甲丙諸綫定於乙庚亦然故丙己乙庚俱爲重心綫交點在心故全面必定於心也又試作庚己綫因甲己爲甲乙之半甲庚爲甲丙之半故己庚必平行於乙丙因甲己庚與甲乙丙爲等勢三角形又己庚心與丙乙心亦爲等勢三角形故有比例及等數

一率　己庚　己心

二率　乙丙　心丙

三率　甲己　己庚　一

四率　甲乙　乙丙　二

心丙 —— 己心

心己丙 —— 三 己心

己心 —— 己丙

心丙 —— 己丙

己丙 —— 三己丙上甲丙上甲乙

心丙 —— 己丙上甲丙上甲乙

以三邊求丙心綫等數如左

心丙 —— 己丙

三心丙 —— 三（乙丙上甲丙上甲乙）

九心丙 —— 二乙丙上二甲丙上甲乙

九心甲 —— 二甲丙上二甲乙上丙乙

九心乙 —— 二乙甲上二丙乙上甲丙

九（心甲上心乙上心丙）

—— 三（乙丙上甲丙上甲乙）

三（心甲上心乙上心丙）

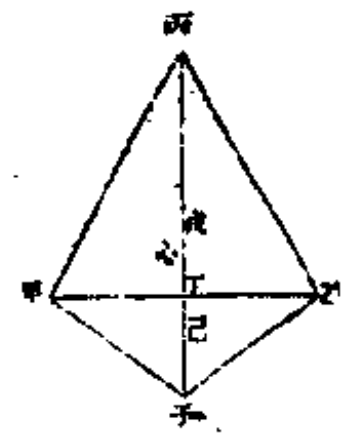
—— 乙丙上甲丙上甲乙

設有三箇質點置於三角面之三角則三體之重心卽三角面之重心

設有諸邊面欲求重心法分諸邊面爲諸三角面先求

諸三角面之重心一如諸三角面之能各收於重心乃依前諸質點求重心法即得諸邊面之重心（諸邊面即多邊形面）

假如有四邊面夾相對二角之邊兩兩等求重心

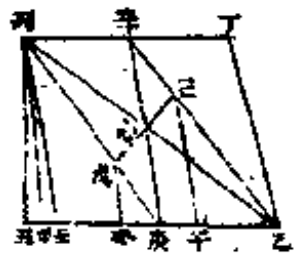


如圖丙甲子乙四邊面甲丙與乙丙等甲子與乙子等作甲乙對角綫分本面為甲乙丙甲乙子兩三角形作丙子必直交於甲乙亦必平分甲乙於丁先求得甲乙丙面之重心在戊甲乙子面之重心在己次求本面之重心心點有比例如左

一率　甲乙丙面　丁丙　丙子
二率　甲乙子面　丁子　丁子
三率　己心　戊己
四率　戊心

則心點即四邊面之重心也

假如有四邊面兩邊平行求重心

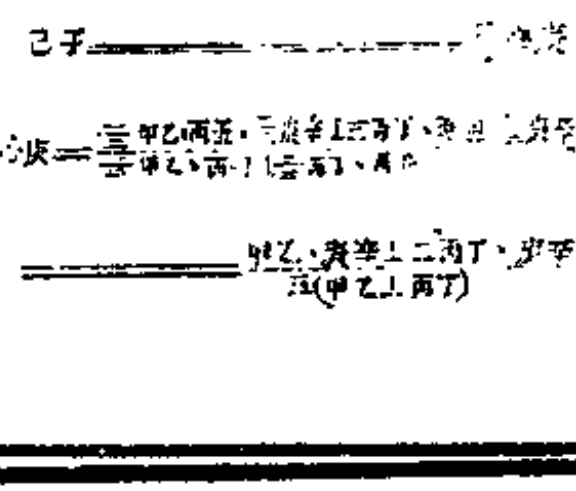


如圖甲乙丁丙四邊面甲乙丙丁二邊平行試平分甲乙於庚平分丙丁於辛作庚辛綫則平行於甲乙諸綫皆定於此綫（說見第二題）故重心必在此綫上次作乙丙丙庚乙辛三綫取戊丙為丙庚三分之二取乙己為乙辛三分之二則戊己二點為甲乙丙丙丁乙兩箇三角面之重心兩箇三角面之能一如收於二重心作戊癸己子二綫平行於辛庚作己戊交庚辛於心點心點即本面之重心有比例如左

一率　心庚
二率　一
三率　甲乙丙面乘戊癸加乙丙丁面乘子己
四率　甲乙丙乙丙丁兩面和

再作壬丙綫平行於庚辛作丙丑綫直交於甲乙因丙壬庚戊癸庚兩三角形等勢又辛庚乙己子乙亦等勢故有比例及等數如左

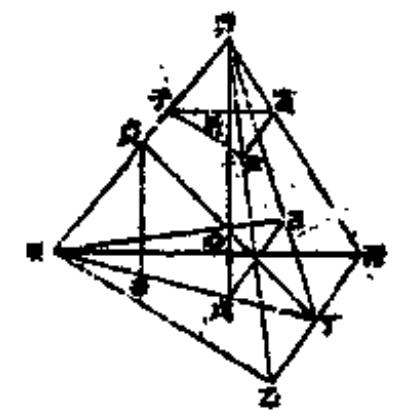
一率　戊癸　己子
二率　丙壬　庚辛
三率　庚戊　一　乙己　二
四率　庚丙　三　乙辛　三



設丙丁為無則心庚等於庚辛三分之一而四邊形變

爲三角形

假如有三角錐體求重心



如圖卯甲乙丙三角錐體甲乙丙爲底面卯爲頂點試平分乙丙綫於丁作甲丁卯丁二綫取丁戊爲甲丁三分之一取丁己爲丁卯三分之一次作卯戊己甲二綫相交於心點心點卽立錐體之重心也此立錐體一部如子丑寅諸平增減三邊面自頂點向底則平增自底向頂點則平減平行於甲乙丙面積疊而成亦如平行於卯乙丙諸面積疊面成戊點爲甲乙丙面重心戊卯綫交子丑寅面於辰點辰點卽爲子丑寅面重心諸平行面重心皆在此綫上卽皆定於此綫故全體亦定於此綫推之全體亦必定於己甲綫己甲戊卯俱爲重心綫二重心綫相交之點必爲重心所以心點爲全體之重心也作戊己綫成丁戊己丁甲卯兩等勢三角形又成心戊己心卯甲兩等勢三角形故有比例

一率 戊己 戊心

二率 甲卯 心卯

三率 戊丁 戊己

四率 甲丁 甲卯

故心卯等於三箇戊心戊心等於戊卯四分之一心卯等於戊卯四分之三平分甲卯於庚作庚辛綫平行於戊卯成庚辛甲卯戊甲兩等勢三角形甲庚爲甲卯二分之一故甲辛爲甲戊二分之一卽等於丁戊故丁辛等於倍丁戊又庚辛爲戊卯二分之一心戊爲戊卯四分之一故庚辛等於倍心戊則有比例

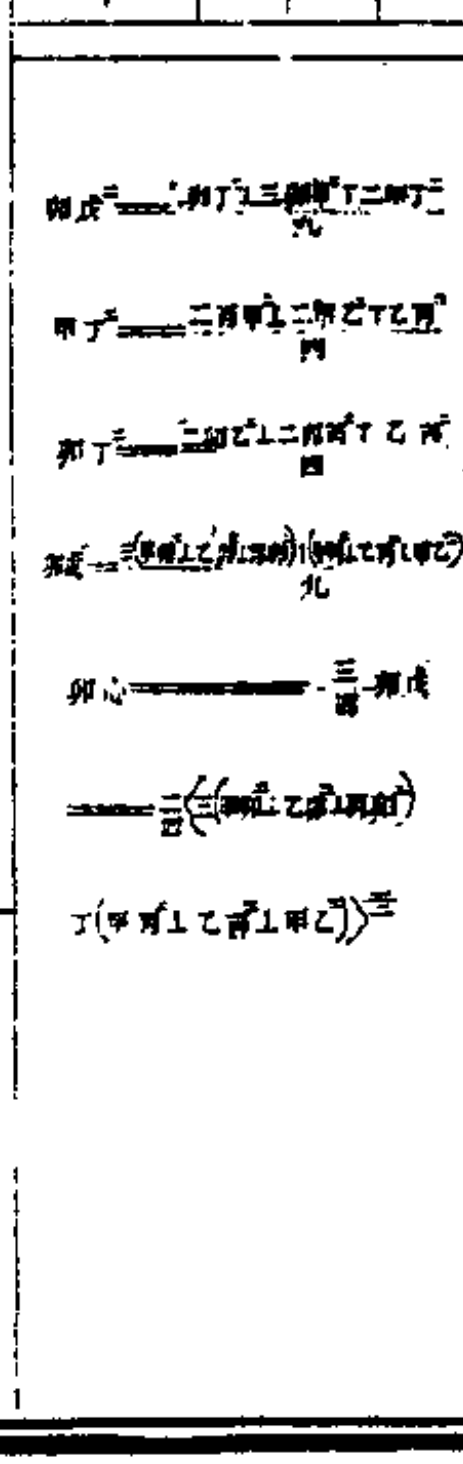
一率 丁戊

二率 丁辛

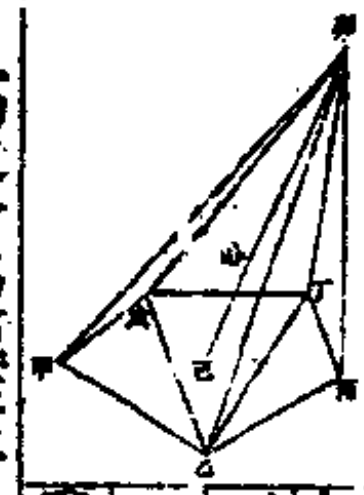
三率 心戊

四率 庚辛

觀此比例而知庚心丁聯成一綫必爲直綫且必平分於心點丁戊心丁辛庚爲等勢三角形庚辛等於倍心戊故庚丁等於倍丁心也所以凡三角錐體任取不相遇之二邊平分之於兩箇平分點上作聯綫又將聯綫平分於一點此點卽重心也求卯心綫等數如左



假如有多邊立錐體求重心



如圖卯甲丙爲多邊立錐體甲乙丙丁戊爲底面卯爲頂點作丁乙乙戊三綫從此二綫以平面割至頂點分爲諸三角錐體又用前法取四分體高之一爲距作平行於底面之面則諸三角錐體之重心俱在此面上所以全體重心亦必在此面上乃從甲乙丙丁戊底面重心己點作綫至卯重心必在此綫上見前款所以重心必在所作面與卯己綫相交之點等數如左

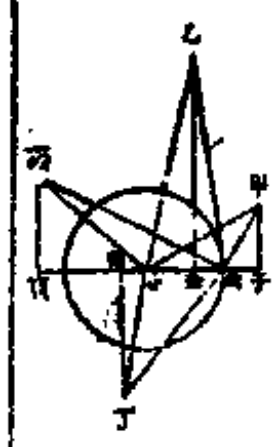
卯己 $\frac{三}{四}$ 一 心己

卯己 $\frac{三}{四}$ 一 心卯

設立錐體之底邊多至無窮法無異若多邊變爲圓周底爲圓面亦同故凡立錐體求重心法自底面重心點至頂點作聯綫此綫上四分之一處卽重心也　設有立錐體截積上下二面平行求重心法於上下二面之重心點作聯綫重心必在此綫上命爲軸綫上下二面爲等勢形設甲乙爲上下相當之邊有等數如左

圓錐體截積上下二面俱爲平圓以甲乙兩半徑代相當之邊理同

諸質點內取一點與每點作聯綫各點乘聯綫方并之爲和所取點愈近重心點其和愈少若卽爲重心點則其和最少



如圖戊爲所取點心爲重心作戊心聯綫次作甲子乙丑丙寅丁卯諸綫直交於戊心綫再作甲心乙心丙心丁心諸綫再作甲戊乙戊丙戊丁戊諸綫卽有等數

甲戊 ^{2} ——— 甲心上心戊 ^{2} 丁二心戊、心子

乙戊 ^{2} ——— 乙心上心戊 ^{2} 丁二心戊、心丑

丙戊 ^{2} ——— 丙心上心戊 ^{2} 丁二心戊、心寅

丁戊 ^{2} ——— 丁心上心戊 ^{2} 丁二心戊、心卯

甲、甲戊 ^{2} 上乙、乙戊 ^{2} 上…… ——— 甲、甲心上乙、乙心上……

上甲、心戊上乙、心戊上……丁二甲、心戊、心子

丁二乙、心戊、心丑上二丙、心戊、心寅

上二丁、心戊、心卯——甲、甲心上乙、乙心

上丙、丙心上丁、丁心上(甲上乙上丙上丁)心戊

丁二戊心(甲、心子上乙、心丑丙、心寅丁丁、心卯)

甲、心子上乙、心丑下丙、心寅下丁、心卯＝＝

戊丙、丙上戊丁、丁上戊乙、乙上戊甲、甲＝

戊心、乙上戊心甲、甲＝＝＝＝＝＝＝＝＝

戊心、(丁上丙上乙上甲)上戊心、丁上戊心、丙上

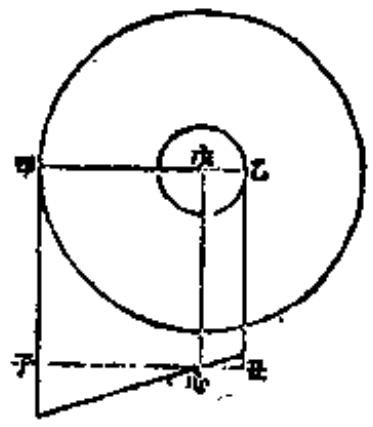
觀此而知等數左邊之大小以戊心爲準戊心愈小則左邊之數亦愈小設戊心合爲一點則左邊之數最小矣

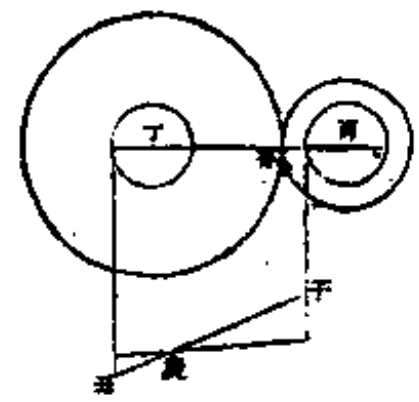
設以心爲心以戊爲界旋成圓周戊任在圓周何點各點乘距戊綫方之和恒同因戊心相距恒同也

第七款　設有兩重定於一器微動之重心恒定

設器爲桿則定點爲重心兩重任上下重心不動

又設器爲輪軸如圖戊爲輪軸心子重在輪周甲點垂綫上丑重在軸周乙點垂綫上重心心點在輪軸心戊點垂綫上子丑任上下重心不動蓋子心丑聯綫一如桿也





又設器爲齒輪如圖子丑二重在丙丁齒輪軸垂綫上癸爲二輪相切點則重心庚點必在子丑聯綫上比例如左

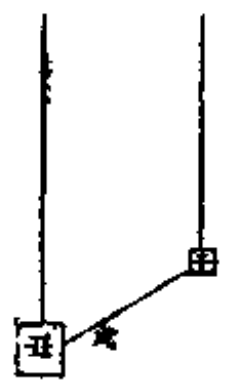
一率　子庚　所以子

二率　丑庚　丑任上

三率　丁癸（大輪半徑）　下庚點

四率　丙癸（小輪半徑）　不動

又設器爲滑車如三卷滑車諸圖子力丑重以綫聯之設取戊點有比例如左



一率　子戊　則戊點即

二率　丑戊　爲重心故

三率　丑　有力降重

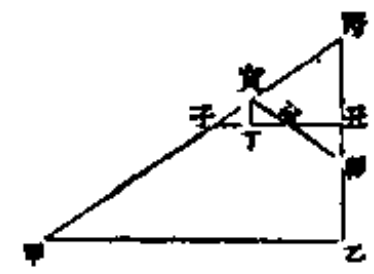
四率　子　升之比例

一率　力降綫　所以子

二率　重升綫　丑任上

三率　重　子戊　下戊點

四率　力　丑戊　不動



又設器爲斜面如圖甲丙乙爲斜面子爲重丑爲力方向子丑平於地平若丑力降至卯子重升至寅子寅等於丑卯作寅卯綫交子丑於心點作寅丁綫直交於子丑成寅丁心卯丑心兩等勢三角形則有比例

一率　寅心　乙丙　丑力

二率　卯心　甲丙　子重

三率　寅丁　寅丁　子寅

四率　丑卯　子寅

故心點爲寅卯重心行於子丑地平綫方向不升降也

劈與螺旋動時論遲速不論地心力若欲論地心力以平綫垂綫求之亦可得重心也

重學卷五終

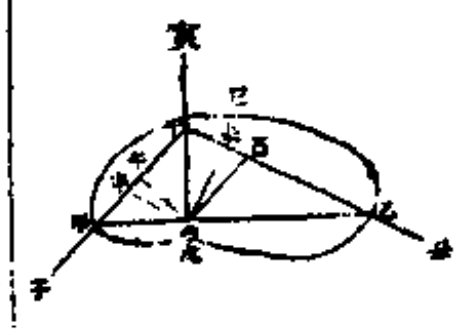
英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論剛質相定之理

物之質有剛有柔有可屈有不可屈有可薄有不可薄凡物以桿例推之如何相加如何使定不論何形狀俱可得其理故今但論剛質以剛質之物不論何力加之形狀及大小俱不變有類桿也

第一款　二能力令桿定求定點抵力若干

如圖甲丙乙爲桿子丑二力加之丙爲定點桿與二力在一箇平面上設於此平面上取一戊己面此戊己面即可作不變之剛質論仍以丙爲定點本面搖動定點不移故子丑二力加於此面此面定於丙點與桿理同作丙午丙未二綫直交於子丑二方向綫則有比例



一率　子力
二率　丑力
三率　丙未
四率　丙午

子丑二方向綫交於丁點作丙申丙酉二綫平行於乙丁甲丁則丙酉未角等於丙申午角故丙酉未丙申午兩三角形等勢則有比例

一率　丙申　丁酉
二率　丙酉　丁申
三率　丙午　丑力　丑力
四率　丙未　子力　子力

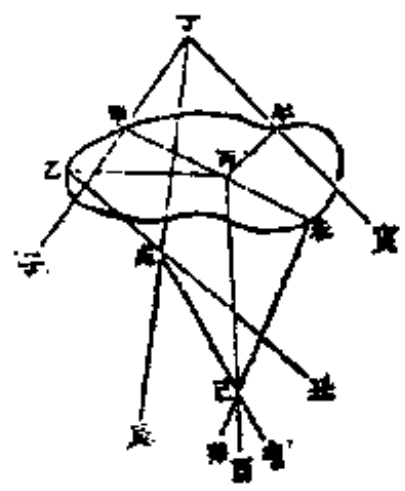
故丁申丁酉爲子丑二力之率若二力加於丁點并力綫爲丙丁若甲丁乙丁爲質綫子力加甲丁方向之任何點丑力加乙丁方向之任何點其能總同故子丑二力或并加於丁點或分加於二質綫理無異所以丙點抵力必等於子丑并力也設將質而分爲平行於甲丙乙諸質綫遞去之至僅存甲丙乙一條質綫丙點抵力仍同所以定點上之抵力大小方向等於桿上所加兩力之并力故凡兩力令桿定自定點至兩力方向交點作聯綫即爲抵力方向綫　設有寅力加於丙點等於子丑二力之并力若甲丙乙質綫或不定此三力必能令之定　設子丑方向平行則定點抵力必如子丑之和而抵力方向必與子丑方向平行抵力點距子丑方向之比如子丑之反比

一率　子力
二率　丑力
三率　丙乙
四率　丙甲

由此而知設有二平行能力其和力綫平行於分力綫令二力距和力綫之比如二力之反比則并二分力之能同於和力之能而和力即爲二平行力之并力

第二款　有諸力方向在一箇平面上加於桿如諸力加於定點定點抵力等於諸力之并力

如圖子丑寅卯四力加於丙甲丙乙丙午丙未桿子寅二方向交於丁并力爲辰在丁辰方向綫上丁辰與丑方向交於戊辰丑并力爲申在戊申方向綫上戊申與卯方向交於己申卯并力爲酉在己酉方向綫

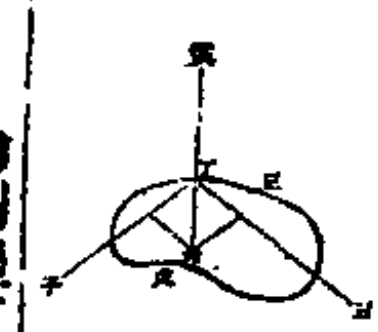


上酉力即爲定點之抵力凡力所生之能任在方向綫何點俱同故子寅二力本點之能與并於丁點之能同所以同於辰力之能辰丑二能與并於戊點之能同所以同於申力之能申卯二能與并於己點之能同所以同於酉力之能故子丑寅卯四力所生之能與酉力所生之能同因子丑寅卯合體定於丙故酉力亦定於丙所以酉力方向綫必經過丙點也丙點抵力等於酉力故子丑寅卯所生之力在丙點即同於酉力又辰力在丁爲子寅之并力辰力在戊亦爲子寅之并力所以申力在戊爲辰丑之并力即爲子寅丑之并力申力在己亦爲子寅丑之并力所以酉力在己爲申卯之并力即爲子寅丑卯之并力故酉力爲子丑寅卯加於一點所得而定點之抵力等於諸力加於一點之并力也抵力之方向爲丙己因己酉綫上之能同於子丑寅卯所生之能是子丑寅卯令桿定於丙點也故己酉能力必不令桿動於丙點之兩邊所以己酉必經過丙點也　設甲乙午未爲剛體子丑寅卯諸力加於此體上另加酉力於丙己綫上雖無定點丙點必不動因酉力與定點功用同故也

第三款　設有三箇能力加於剛體令體定則每一力等於餘二力之并力且爲并力之對面抵力而方向綫必經過二力交點

如圖子丑寅三力加於戊己體令體不動試於寅力方向綫上取丙爲定點用以代寅力則丙點之抵力與寅力等因對力必等於子丑之并力且方向必經過子丑

方向之交點證以前款自明子丑二力之理亦然推之有多力加於剛體每力必等於諸力之并力其方向必在諸力并力方向之對面

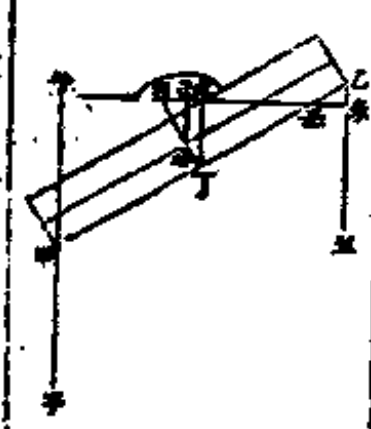


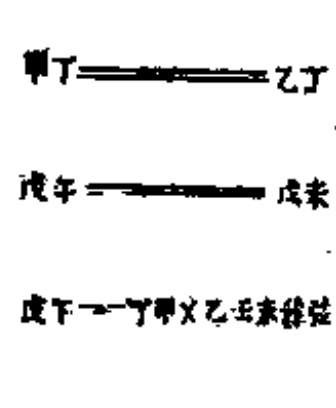
論剛體定於一點之理

凡剛體定於一點與桿理同不但加於桿之諸力更有體全重并收於重心也

假如天平兩邊有不等二重定於何角

如圖甲乙爲天平轉動於丙軸二銅盤懸於甲乙二點甲乙桿平於地平之時取丙點較甲乙微高作丙丁綫直交於甲乙則桿之兩邊丁甲丁乙輕重長短俱等乃於丙丁綫上取心點爲桿之重心兩邊子丑輕重不等時甲乙桿不能平於地平乃作午丙未地平綫交過心過丁二垂綫於己於戊則甲乙與地平綫所成角必等丙丁與垂綫所成角必等故有等數





設甲乙二點之重爲子丑桿之重命爲癸有等數及例如左

一率　倍丑加子丑較共乘丙丁再加癸乘丙心

二率　丁甲

三率　子少丑乘半徑

四率　乙壬未角正切

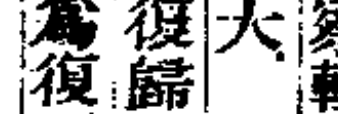
天平三要事　一設兩盤輕重等則桿必平於地平二一邊微加重則桿即不定離地平綫必甚速是名天平易察輕重之能　三動後復回原處必甚速　設重心略低於懸點桿之兩端亦等則已合第一要事

論天平易察輕重之能　設已知二重相較數甚微則桿交地平角愈大察輕重之能愈大若已知壬角甚大

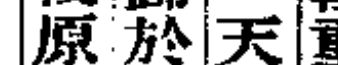
則二重較愈小察輕重之能愈大所以壬角爲實子丑較爲法或竟以壬角正切爲實子丑較爲法爲察輕重能率卽有天平察輕重之術式如左

究之子丑較甚小於倍丑可不論故察輕重之術式如下

桿兩端愈長察輕重之能愈大桿愈輕察輕重之能愈大懸點重心點愈近察輕重之能愈大丙點離甲乙綫愈近察輕重之能愈大天平復回原處之能一如桿在動角斜綫時令桿復歸於地平綫之力桿動時所成角一邊爲斜綫一邊爲地平綫故此力卽爲復原能率如兩邊二重等則令桿平之力式如左

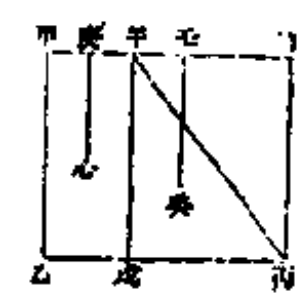


所以天平復原能率爲

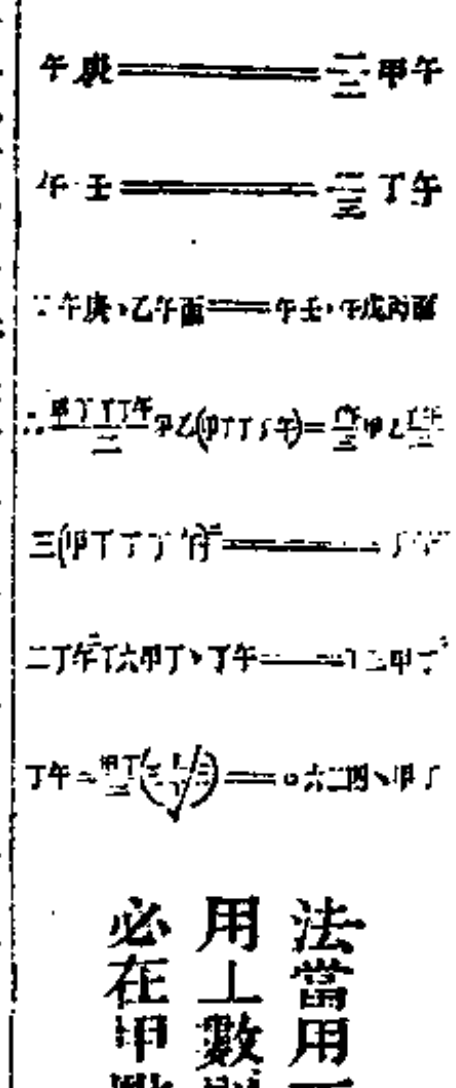


桿兩端愈長察輕重之能愈大而與復原之能無涉

假如有甲乙丙丁直角四邊面厚薄停勻求剖去丙午丁三角面令所餘甲乙丙午面懸於午點甲午丙乙俱平於地平甲午午丁各若干



如圖作午戊垂綫直交於丙乙分甲乙丙午面爲二心爲乙午面重心癸爲午戊丙面重心作庚心壬癸二垂綫皆直交於甲丁卽有等數如左



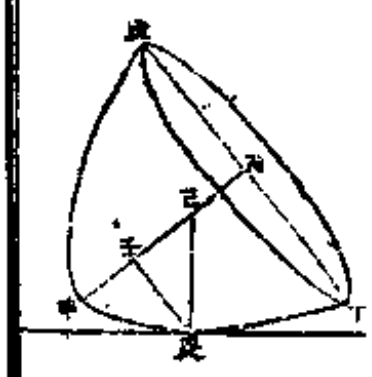
法當用丁數若用丁數則午點必在甲點之左

右題晉康帝時泰西希臘國巴布思所立

論剛體定於一面之理

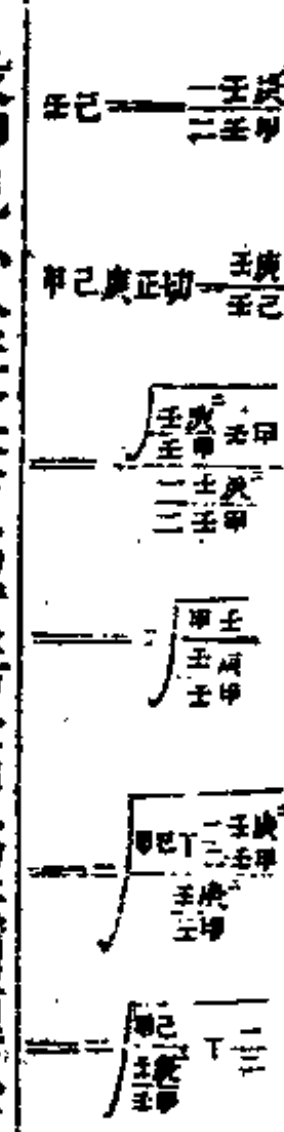
凡剛質體定於一面無論或遇一點或遇諸點或遇小面質體上所加諸力方向必直交於所遇之點或面此力卽爲或點或面之對力

假如有拋物綫體拋物綫者謂拋物空中所成曲綫在地平面上求定於何點



如圖戊甲丁爲拋綫體設己庚垂綫遇切點庚交丙甲軸於己此綫必經過全體重心因全體能力一如收於

重心則對力加於庚己方向而令全體定重心必在丙甲軸內所以己爲重心因爲兩重心綫相交之點故也己庚直交於庚點之切綫作庚壬綫直交於軸以曲綫之理證之等數如左

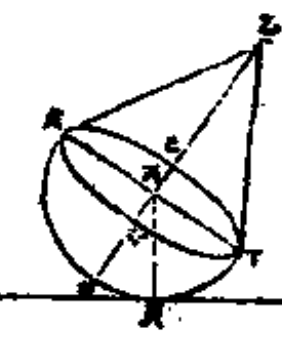


設甲己小於庚壬方爲實倍壬甲爲法則題不可推蓋如此體不能側定試推勻質拋物體設己爲重心甲己等於甲丙三分之二則甲丙三分之二大於壬庚方爲實倍壬甲爲法又或甲丙大於三箇壬庚方爲實四箇壬甲爲法如此則體可定於側邊之方向否則體必定於軸綫而不能側定矣

按拋物曲綫術甲壬截綫爲首率壬庚正弦爲中率推得末率爲過徑款中等數俱本此詳曲綫說第三卷

假如有同底圓立錐及半球合爲一體球面任何方向定於地平面上求體大各綫何

如圖戊甲丁爲半球戊乙丁爲圓立錐同以戊丁徑之圓面爲底合爲一體庚丙垂綫不論何方向其交軸點恆在球心兩所以丙點爲合體之重心己點爲錐體重心心點爲半球重心卽有比例



一率　圓錐全質

二率　半球全質

三率　丙心

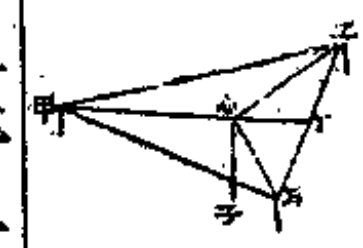
四率　丙己

圓錐爲等高圓柱三分之一半球爲等高圓柱三分之二故有等數

以卷五重心款證之丙己爲乙丙四分之一甲心爲甲丙八分之五丙心爲甲丙八分之三故有等數

所以丁乙戊爲等邊三角形

假如有剛體加於三垂足架上求每足抵力



如圖甲乙丙面爲剛體加於甲乙丙三足架上作子心垂綫直交甲乙丙面之重心心點作甲心綫引長之交乙丙於丁質體之能收於重心一如全重子定於甲丁桿卽有比例

一率　丁甲　甲乙丙面　甲乙丙面

二率　丁心　乙心丙面　甲心乙面　甲心丙面

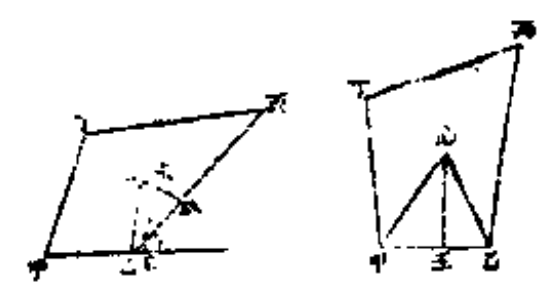
三率　子重　子重　子重

四率　甲力　甲力　丙力　乙力

所以各角點抵力與餘二角點至重心作聯綫所成三角面比例恆同　設剛體載於四足架各足抵力不能推蓋三足已可載所增之足可有可無故也然有二理可推一抵力和等於全重一設以抵力爲諸重諸重之重心與剛體之重心必在一箇垂綫上設載於多足架理同

假如有四不等邊剛質面以一邊加於地平面求定於何點

如圖甲乙丙丁爲剛質面質面之重收於重心心點地力仍不變甲心乙心當作二堅綫合重心與底面相連

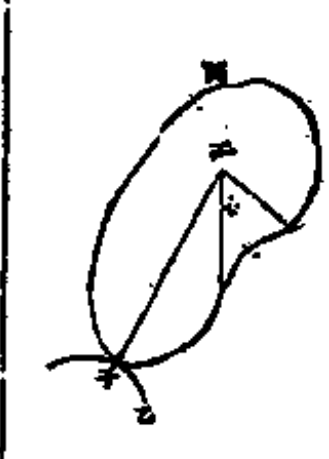


作心壬垂綫若壬點在甲乙二點之間則心點必無環甲點而向乙點之勢亦無環乙點而向甲點之勢所以全體定若壬點在甲乙二點之外則重心必環繞乙點行於心癸弧綫而全體不能定矣試以垂綫上心午一段爲體重之率分爲心未午未二力心未爲心癸弧之切綫切於心點午未與乙心平行直交於切綫心未分力令重心點動設乙點上有阻力則乙點爲不變之點故重心必環繞乙點而行於心癸弧綫如此體必傾矣未午分力爲乙點對面力所阻因乙點不變故若甲乙底及地平面俱甚光滑無面阻力則全體傾時乙點必向甲點面移重心必依垂綫下行以令體定於地平面說詳動理學　設質體底爲面其理亦同心壬垂綫交地平之壬點在底面界綫內體必定在界綫外體必傾也若質體載於諸點或諸小面以一綫經過諸點或諸小面卽爲界綫界綫內卽體底

論剛體定於一點及一面之理

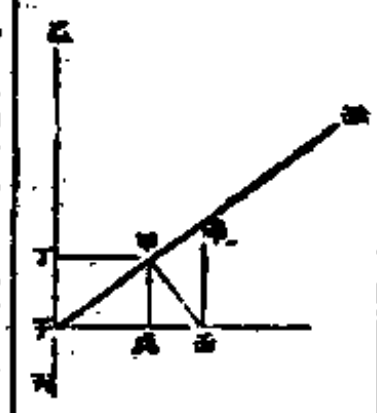
凡剛體定於一點及一面則載體之對力有二

如圖甲丙子爲剛體定於甲點及子面壬甲爲甲對力



方向綫直交體面在甲點壬子爲子對力方向綫直交體面及子乙面在子點準第三款幷力綫必經過重心則幷力綫必爲壬心垂綫也而相定之理可推矣

假如有桿定於一點及垂面求其方向



如圖子丑爲桿定於甲點子端定於乙丙垂面作子壬地平綫作甲壬綫與子丑成直角辛爲重心面之對力方向在子壬綫上甲點對力方向在甲壬綫上此二綫交點必在經過重心之垂綫上所以辛壬必爲垂綫直交於子壬再作甲戊垂綫成子壬辛子甲壬子戊甲三箇等勢三角形即有比例及等數如左

一率　子戊　子戊　子戊方

二率　子甲　子甲　子甲方

三率　子甲　子壬　子甲

四率　子壬　子辛　子辛

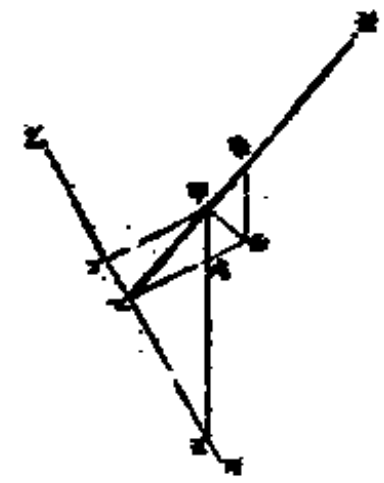
子甲子辛＝子戊子辛＝子甲子戊

子甲子戊＝子甲子辛

子甲子戊＝子甲子辛

惟子辛甲參己知故子甲可推設甲丁大於子辛則不可推

假如有桿定於一點及斜面求其方向



如圖子丑爲桿定於甲點其子端定於乙丙斜面辛爲重心作子壬綫與乙丙成直角作甲壬綫與子丑成直角二綫交於壬點辛壬聯之必爲垂綫乃作甲戊己垂綫又作甲丁綫直交於乙丙則有比例及等數如左

一率　子己　子辛　子壬

二率　己丁　子壬　子甲

三率　戊子　子甲　子甲

四率　甲丁　子戊　甲丁

子己／己丁×子辛／子甲＝子壬／甲丁

子甲／子己＝子辛／己丁＝子壬／甲丁

命子甲爲天則有等數

子丁＝（天丁甲丁）

子己＝己丁丁（天丁甲丁）

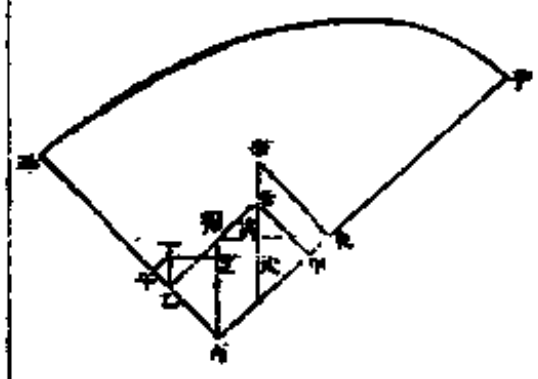
天／己丁丁（天丁丁甲）＝子辛／己丁

依此而天可推

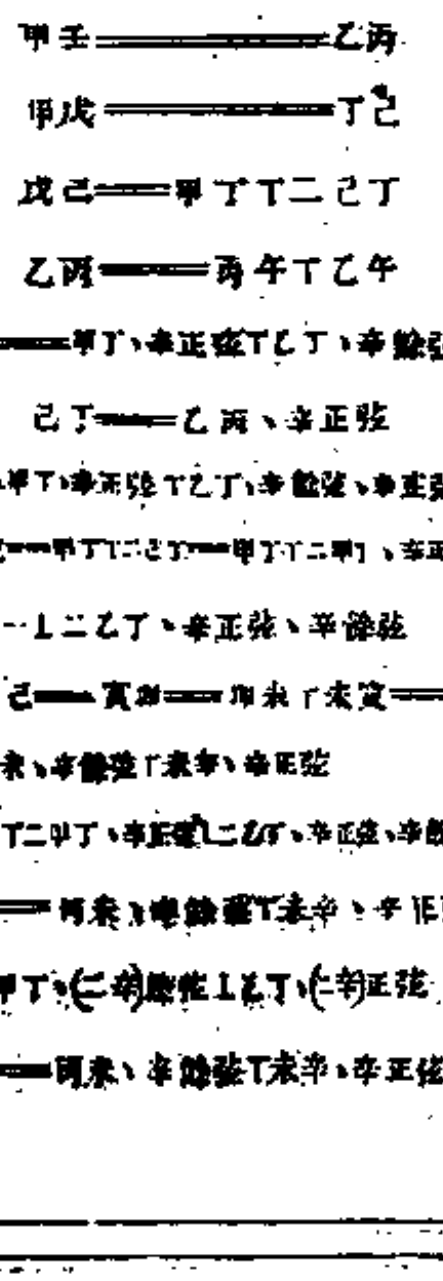
論剛體定於兩點之理

凡剛體定於兩點兩點上對力方向各直交於體面兩方向綫交點必在重心垂綫上

假如有剛質垂面定於兩點求方向



如圖子丑丙爲剛質垂面定於甲乙兩點丙子丙丑兩邊成直角於丙求定於何方向辛爲重心作辛未綫直交於丙子作甲丁未卯二綫平於地平作辛戊卯丙丁乙三垂綫作甲壬乙壬二綫直交於丙子丙丑卽爲甲乙兩點抵力方向綫其交點壬必在過重心垂綫辛戊上作丁午綫直交於丙丑因甲壬乙丙爲直角四邊形故有等數

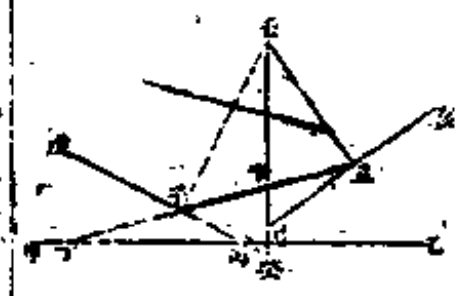


求得辛角卽所定方向也

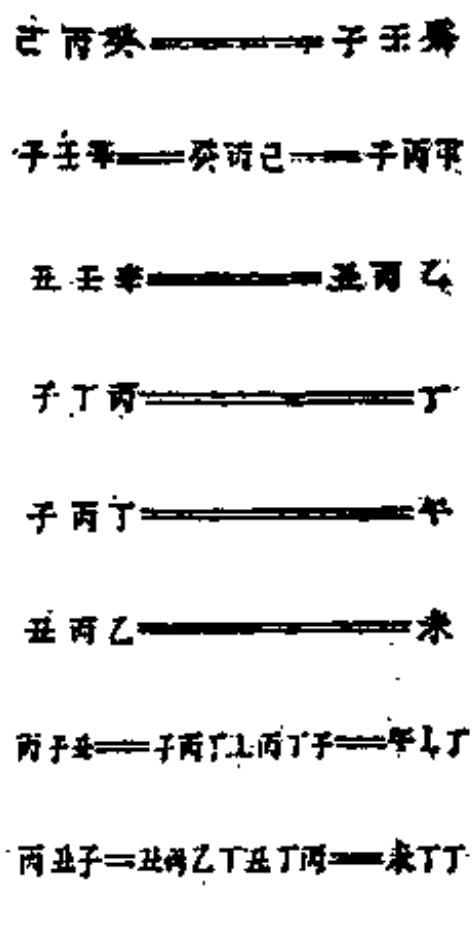
論剛體定於二面之理

凡剛體定於兩箇面上二定點抵力方向綫必直交於二面且此二綫必自相交不然不能載體其交點必在重心垂綫上

假如有桿定於兩箇斜面求方向

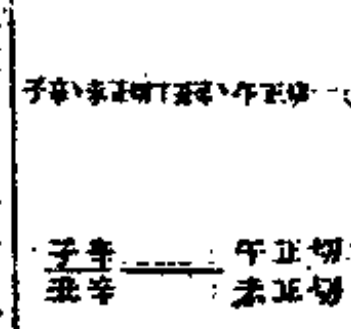


如圖子丑爲桿定於丙戊丙亥二斜面上子丑二點作子壬丑壬二抵力方向綫與丙戊丙亥成直角相交於壬點辛爲重心辛壬聯之必爲垂綫乃作甲乙地平綫經過二斜面交點引長垂綫交地平綫於己交子丙面於癸子壬癸子癸壬二角并之爲直角引長丑子交地平於丁命子丁丙爲丁角子丙丁爲午角丑丙乙爲未角列諸等角於左

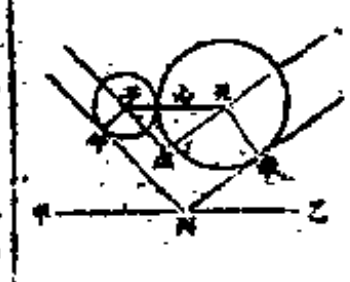


既明諸等角乃有等數如左

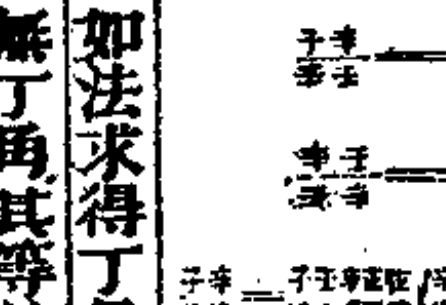
如法求得丁角即所定方向也若子丑平於地平則無丁角其等數如左



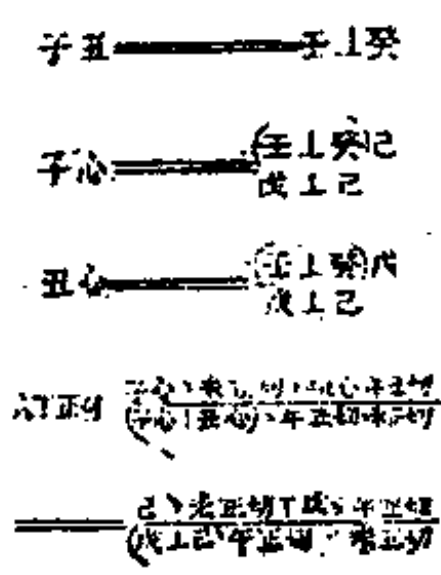
假如有大小二球相切定於二斜面求方向



如圖子丑為二球定於丙午丙未二斜面二球心相距恆等於二半徑和子午丑未二對力方向綫直交二切球之面必經過子丑二球心乃作子丑二球心聯綫又作戊子戊丑二斜面平行於丙午丙未則二球



全重為午子未丑二對力所載一如全重用子丑二點加於戊子戊丑二斜面亦如全重收於子丑桿為二斜面所載也故如前題推之命二半徑為壬癸二球重為戊己子丑綫交地平角為丁角二體全重心為心用前題等數

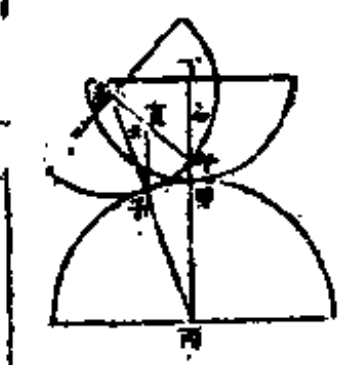


觀此而知午未角與二半徑無涉惟體重為要也用綫聚球以代對力理同

論質體微動後復歸原處之理

凡體已定微動之令離定處有時動後仍歸原定處定體之力令其歸原也有時動後不能歸原必離原定處而定於別方向是乃定心定不定心定之別定心定者微動必歸原不定心定者微動即變其要惟一動後必搖搖畢始定能令體不搖即定矣定心定者名為固定不定心定者名為非固定

假如有小半球加於大半球之上求固定點



如圖甲丙為大半球甲丁為小半球甲為大小球頂點心為小半球重心丁丙為垂綫小球定時兩頂點相切重心在經過切點之垂綫上設小球動時切大球於子點甲點行至午心點行至寅子午寅三點在一箇垂面上乃作子壬垂綫交午寅綫於壬因體全重一如收於重心寅點若在壬午之間小球必仍歸原定處若在壬午之外必離原定處矣故午寅（即甲心）小於午壬必為固定子甲子午二弧綫相等因動時子午各點遞切於子甲各點故也所以有比例

一率　子未　甲丁
二率　子午弧綫　甲子弧綫
三率　半徑　半徑
四率　子未午角度　甲丙子角度

一率　未壬　甲子弧綫若極微則諸角俱極
二率　壬子
三率　未子壬正弦　甲丙子正弦　小正弦之比即
四率　壬未子正弦　子未午正弦　同於角之比
一率　未壬（未壬壬子和）
二率　壬子　壬子

三率　甲丙子角　甲丙除甲子（甲丙）　甲丁（甲丙）
四率　子未午角　甲丁除甲子　甲丙　甲丙　丙角當
右甲丙子角極小至於欲無之處有此比例
無窮小處未壬加壬子等於未子亦等於甲丁又壬子
等於壬午　未午丙未壬子為等勢三角形故有比例

一率　甲丁（即未午）
二率　壬午
三率　甲丙加甲丁（即未丙）
四率　甲丙（即子丙）
所以壬午等於甲丙乘甲丁為實甲丙加甲丁為法若
甲心小於此數則體動後必歸原為定心定也故壬午
為固定率　設甲丙為無窮大則小球如加於地平面
若甲心小於甲丁為定心定也　設甲丁為無窮大則
如平面體加於半球上若甲心小於甲丙為定心定也
（此二條論他體與球面相切）　質體為半球則甲心為甲丁八分之
五故有固定率

設小半球加於大半球之凹面則其固定率如下

若合此諸式皆為定心定也　設二體俱非球綫而為

他曲綫定心定之理與二半球無異蓋一如本切點同曲度平圓二半徑之兩球相切也詳後題

假如有橢圓圓體以小徑之端切於半球之凹面爲定心定求其半徑若干

命球半徑爲戊橢圓二半徑爲午未準曲綫例小徑端之通徑等於未方爲實午爲法爲曲度率几有曲綫欲知其曲度等切於本綫平圓之曲度若干當以角徑爲率詳曲綫說即前等數中之甲丁重心在橢圓心所以甲心等於午有固定率如左

$$\text{午}\left\langle\frac{\text{未}\,\text{乙}\,\text{丙}\,\text{丁}\,\text{等}}{\text{戊}\,\text{丁}\,\text{等}}\right.$$

$$\text{午}\left\langle\frac{\text{未}\,\text{必}\,\text{午}\,\text{丙}\,\text{乙}\,\text{丁}\,\text{等}}{\text{午}\,\text{丙}\,\text{乙}\,\text{丁}\,\text{等}}\right.$$

$$\text{戊}\left\langle\frac{\text{午}\,\text{未}}{\text{午}\,\text{丙}\,\text{乙}\,\text{丁}\,\text{等}}\right.$$

$$\text{戊}\left\langle\frac{\text{未}\,\text{丙}\,\text{乙}\,\text{丁}\,\text{等}}{\text{午}\,\text{丙}\,\text{乙}\,\text{丁}\,\text{等}}\right.$$

若此諸式皆爲定心定也設橢圓體加於半球之凹面則半徑必大於本切點之橢圓曲度率其固定率如下

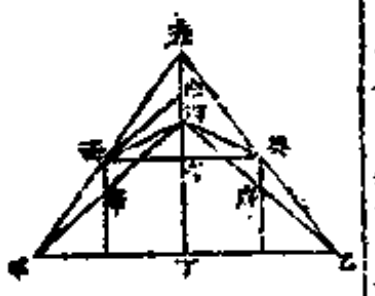
$$\text{戊}\left\langle\frac{\text{未}\,\text{半}}{\text{戊}}\right.$$

設未爲午二分之一則有率

$$\text{戊}\left\langle\frac{\text{半}\,\text{徑}}{\text{戊}}\right.$$

論屋梁相定之理

第一款　設有三梁爲等腰三角形底平於地平重加於頂角已知梁重及所加重求二底角之抵力



如圖甲乙丙爲三梁所成等腰三角形甲乙平於地平重加於丙點求甲乙抵力命所加重爲子辛爲甲丙梁重心作辛壬垂綫丙壬爲子重及乙丙梁重所生力方向則甲壬必爲甲力方向蓋三箇能力共令甲丙梁定三方向必遇於一點故也庚爲乙丙梁重心作庚癸垂綫則丙癸乙癸爲丙力乙力方向甲丙乙丙既等勢則壬癸必爲地平綫試引長甲壬乙癸必交於丙丁垂綫之未點定甲丙梁之三力方向爲未丙丙壬壬未三方向之比同於三力之比所以丙點之重爲壬丙癸丙對面二力所載壬癸綫交未丙垂綫於午點則壬丙癸丙之幷力一如倍午丙垂力甲力之率爲壬未分爲平垂二力平力爲壬午則未丙爲甲丙梁重之率倍丙午爲丙點所載子重之率壬午即癸午爲甲力或乙力所分之平力乃平分甲丙於辛則辛壬爲丙未之半設將丙未平分於申則丙申等於辛壬作壬申平行於甲丙有比例如左

一率	甲垂力
二率	甲平力
三率	午申加未申
四率	午壬
一率	甲平力
二率	甲丙重加子重
三率	午壬　　午壬　　甲丁

四率　丙未加倍丙午（丙未即倍丙申）倍午申　倍丙丁

甲乙爲地平綫命丁甲丙爲甲角則有比例及等數

一率　甲平力

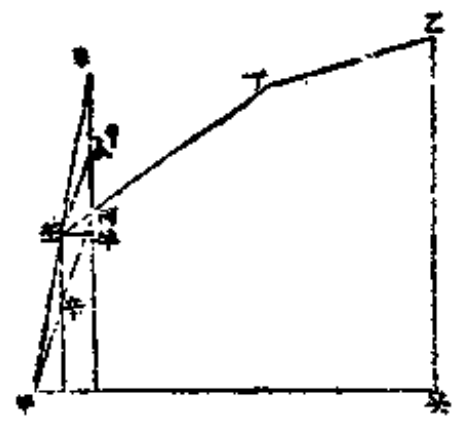
二率　甲丙重加子重

三率　半徑

四率　甲角倍正切

設無甲乙梁則甲點平力必用他對力阻之設用甲乙二點之架以定之亦可設甲丙乙截厚薄停勻之屋瓦理亦同而多重載於甲丙梁者當作增重甲丙梁丙點之子重爲直交於甲乙丙面之梁所生如前法推之

第二款　不論多少梁成諸邊形垂面已知相載之重亦知諸角所載之重求載重諸點之平力



如圖甲丙爲諸梁中之一梁辛爲重心作辛壬垂綫甲丙二力必收於垂綫上之一點即命爲壬點丙壬甲壬爲二力方向引長甲壬與過丙點之垂綫交於申因甲丙梁爲申丙丙壬壬申三力所定三力方向綫之比同於三力之比則申丙爲梁重之率壬申爲甲點對力之率丙壬爲丙點對力之率申壬爲申午午壬之并力壬丙爲壬午丙之并力則午壬爲甲點平力之率壬午爲丙點平力之率申午爲甲點垂力之率午丙爲丙點垂力之率設丙申平分於未丙甲平分於辛丙未等於壬辛故壬未平行於辛丙所以未壬午角等於甲丙與地平所成角命爲甲角命甲丙梁重爲子有比例及等數如左

一率　甲垂力

二率　甲平力

三率　申午　午未加未申

四率　午壬　午壬

設命丙丁梁重爲戊丙丁方向與地平所成之角爲己則有等數

餘角俱可依此法推之

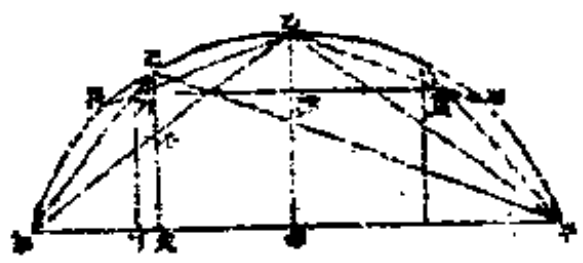
丙點向上力能抵丙點向下力及丙點重故有等數

觀此等數知各角平力皆同

設梁重為無則其等數如左

若只有梁重其等數如下

第三款 有四梁長短輕重各等上下梁左右兩端俱在一箇地平綫上與下地平綫成五不等邊形請邊相定求各梁方向



如圖甲丙丙乙乙寅寅子為四梁丙寅二點甲子二點俱在一箇地平綫上甲子寅乙丙成五不等邊形置梁時必令乙丙與乙寅丙甲與寅子兩邊之勢相等不然不定設甲乙為甲丙丙乙二梁與地平所成之二角則有等數

因頂點無重故頂點抵力為○所以有等數

設已知甲子二底點亦知乙頂點則可求五不等邊之形狀作乙辛綫直交甲子於辛平分甲子為甲辛辛子次平分甲辛於戊作戊巳綫直交甲辛遇甲乙弧於巳次作甲巳綫即甲丙梁之方向也次取乙庚度等於甲巳作乙庚直綫交甲巳於丙點則甲丙丙乙為甲辛一邊二梁之方向子寅乙為子辛一邊三梁之方向試作子巳綫又引長乙寅遇弧綫於卯則有弧綫等數

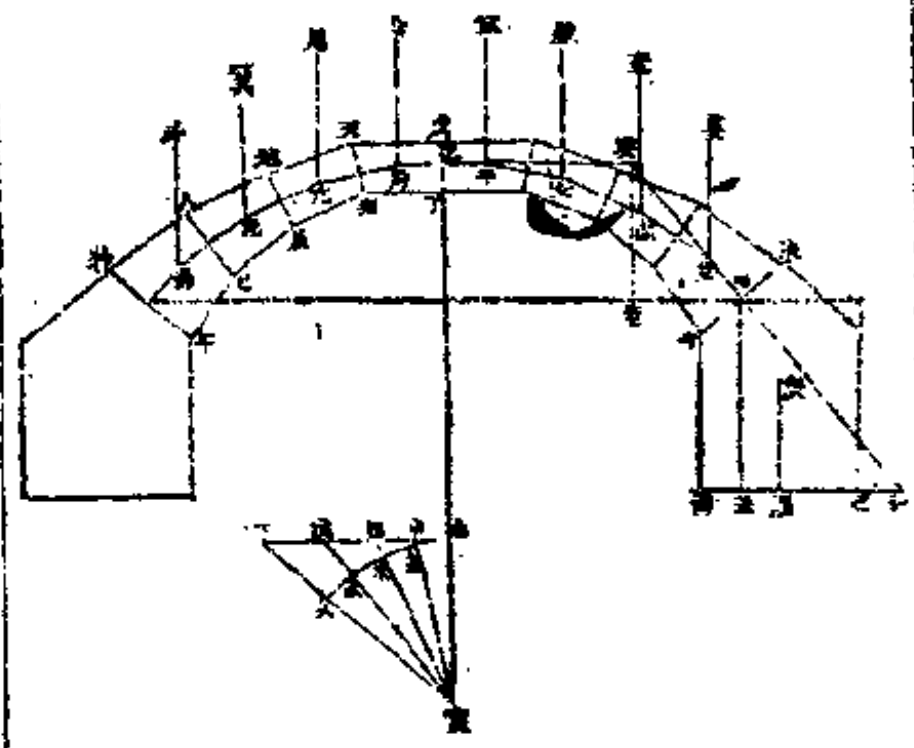
所以乙卯平行於子巳而乙丙癸角等於乙寅癸角亦等於巳子戊角故有等數

以此等數除前等數得

觀此等數而相定之理明矣　設諸梁不相定亦必有平力可作一丙寅地平梁著於丙寅二點以阻之若無阻力諸梁必動乙點若過高必動向下過卑必動向上而甲丙乙寅子五不等邊之形爲不定心定矣

論橋環相定之理

如圖用截口劈體諸石（俗名搨漢石）相切成橋環如角亢氐房牛女虛危諸劈其旁面天卯地辰人巳等爲相切面諸面皆直交於丁戊物午垂面劈上抵力斷劈之重或上面加他能力設劈之旁面甚光滑每劈必有欲經過兩旁劈之勢此勢爲劈上能力所生設面阻力不論且諸劈不相抵則爲大力所加之劈必向下而小力所加之劈爲兩旁所擠必向上而上下分行橋必傾圮所以造橋環者必先令諸劈之大小形狀方向一一相抵而定則造成必堅固歷久不傾矣蓋令全體相



定之力即諸體相擠之力也

第一款　凡造橋環各劈之重當用何比例以定各劈之行

凡橋環上面恆有他重如土石之類今不論欲令全環劈行堅固必所加諸力能令各劈定各劈本重之外又有左右所切二劈抵力此二力俱直交於切面各劈切面抵力加於劈旁之全面一如加於面上之一點欲求此點所在兩箇相連切面之抵力方向縱其交點必在所夾劈之重心垂綫上如亢劈有三力令之定其一爲本劈重其二其三爲兩箇切面抵力三力加於劈體一如三力加於一點所以有三角形三邊直交於三力方向三力之比同於三邊之比試作寅申綫平行於卯天（或即在引長卯天線至與寅申則寅申必直交於卯天抵力之方向又作寅酉綫平行於地辰亦直交於地辰抵力之方向作申亥地平綫直交於地心力之方向此三綫所成寅申酉三角形之三邊與三力同比例

一率　亢劈重　設作寅戌綫平行於人巳交地

二率　地辰抵力　平綫於戌成寅酉三角形其

三率　申酉　三邊之比同于氐劈三力之比

四率　寅酉　餘仿此

一率　地辰抵力　地辰切面上之二抵力加於亢氐二劈爲劈抵力及對力所生

二率　氐劈重

三率　寅酉　此二力必相等以前二比例率相乘得比例如左

四率　酉戌

一率　亢劈重　作寅亥綫

二率　氐劈重　平行於物

三率　申酉　午則又有

四率　酉戌　比例

一率　二率　房劈重

三率　酉戌

四率　戌亥

故任作一地平綫又自寅點作寅申寅酉諸綫平行於諸切面交於地平綫截爲各段則各劈重之比必同於地平綫土申申酉各截段之比作土寅垂綫直交於地平當作半徑則土申土酉土戌土亥爲天卯地辰人巳物午諸綫與垂綫成角之正切卽有各例下諸條詳之

劈行既相定則各劈重之比若各切面與垂綫所成角正切各較之比　設切面抵力分爲平垂二力如地辰之抵力直交於寅酉且分力直交於寅土土酉則三力之比同於三綫之比故平力之率爲寅土各切面俱同若以丁戊之平力命爲軫則各切面之平力皆爲軫各切面抵力之比如寅申寅酉諸綫之比卽如切面與垂綫所成角正割之比設所成角命爲翼角則平力軫乘翼角正割得本切面之抵力　角亢氐房各劈重之比如土申申酉酉戌戌亥各截段之比則土亥必爲丁戊物午二切面中間全重之率任取二切面俱仿此然則橋心切面與各切面中間全重之比如各切面與垂綫所成角正切之比設所成角爲翼則軫乘翼正切得二切面中間全重　設切面爲地平面則中間全重爲無窮大不然不相定此上諸條若論面阻力則大異

第二款　求橋堰地平抵力

如前圖午未切面上抵力加於全面一如加於面上之一點如甲抵力方向甲癸丁戊橋心切面上抵力一如地平力加於一點如乙抵力方向乙癸二方向交於癸作癸辛垂綫必經過半環之重心則半環之重一如縣於癸辛綫而甲癸乙癸二綫上之力舉之試作甲辛地平綫則癸辛甲癸辛甲三綫之比同於三力之比甲癸爲甲點抵力率癸辛爲半環重率卽爲甲點垂力率辛甲爲乙點抵力率卽爲甲點平力率

一率　甲平力

二率　甲垂力

三率　辛甲

四率　癸辛

若半環爲甲癸方向綫上能力所定不論面阻力有無理俱同　設午未切面甚光滑與地平綫成角命爲星角甲抵力必直交於午未則有等數

$\frac{\text{甲平力}}{\text{甲總力}}$ = 切正弦

假如切面抵力推橋堧令倒求推力

如前圖甲己爲橋堧倒時全體必環繞己點推之令倒者爲甲點抵力此抵力試令加於甲子綫上之子點以甲子爲全力之率分爲二力甲丑爲垂力卽甲重丑子爲平力因平力不能令堧倒故倒堧之力爲甲重直加於子阻此力者爲堧重堧重一如收於重心庚點卽命爲庚庚癸爲堧重垂綫則有定堧之率

己子等於丑子少丑己試作甲辛地平綫交於癸辛垂綫則有比例及等數

子己甲∽庚己癸

一率　丑子

二率　甲丑

三率　甲辛

四率　癸辛

$\left(\frac{\text{甲辛}}{\text{癸辛}}\right)$ = 甲辛 : 癸辛 = 子己 : 丑己

庚己癸∽甲己子

有此等數則午未與地平所成角可不論然仍慮堧或自行於丑子綫若無此患則能力如等數已足

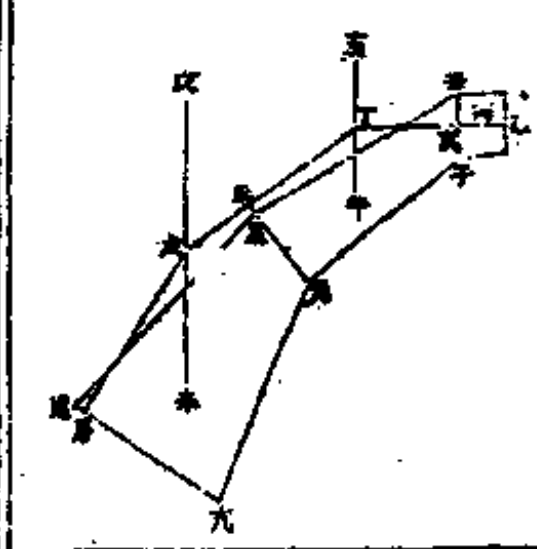
設切面抵力不作加於全面論只作并力以原方向加於一點論則諸并力方向所成諸邊形之綫爲抵力綫

如前圖乙角角亢亢氐氐房諸綫爲各切面抵力綫乙角亢氐房曲綫爲抵力全綫

第三款　任知抵力全綫之一點卽可知全綫

如前圖設角爲巳知點作角亢綫直交於天卯交卯地劈重心垂綫尾亢於亢卽知亢點作亢氐綫直交於地辰交辰人劈重心垂綫箕氐於氐卽知氐點仿此再作氐房諸綫卽成抵力全綫試以卯地劈論之令此劈不動有三力三方向綫交於一點其一其二爲直交劈旁二切面之抵力其三爲劈重方向在尾亢綫上觀此而理自明

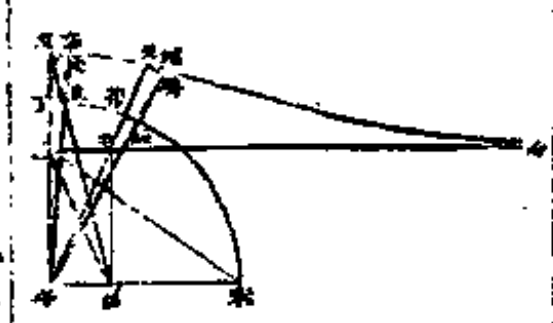
第四款　抵力綫不可出劈行之外



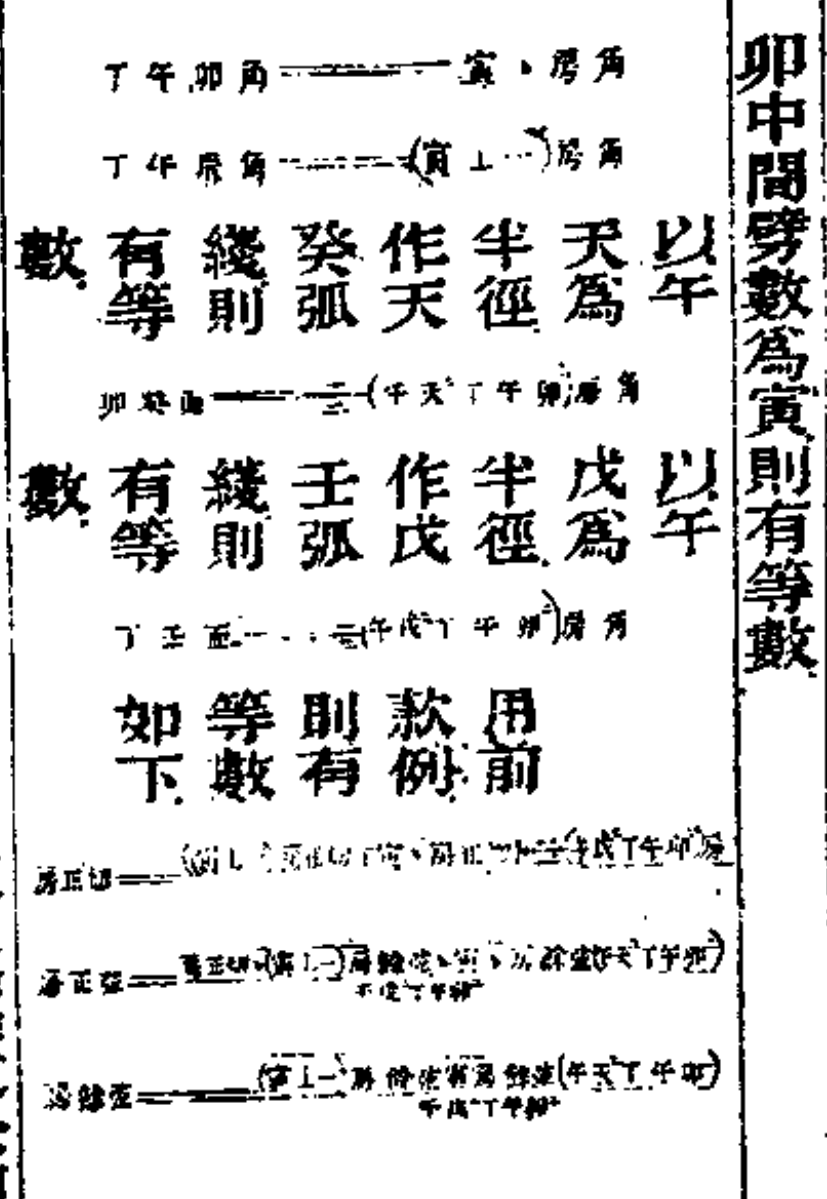
如圖丙丁爲抵力全綫之一段交子星劈重心垂綫亥午於丁直交角星切面之丁氐綫出劈行之外卽抵力綫丙丁戊出劈行之外角星切面抵力必加於戊丁綫以定子星劈究之多力皆爲相推之力

加於亢尾綫諸點之力決不能生力於角星切面之外蓋凡二點能力之并力必在二力點中間故也所以抵力綫出劈行之外必不能相定蓋如此角氐切面向上抵力與亥午垂綫交點午必在子丑切面抵力交點丁之下則子星劈必動角點必向內而行若子丑抵力交點在午點之下劈亦不定角點必向外而行　每劈及上面所加全重必生垂力於過劈重心垂綫上如前總論圖心角尾亢箕氐諸綫是也若欲令各劈相定必令所加三力交於一點欲求各切面抵力綫法於丁戊中間取乙點爲抵力點作乙角綫交垂綫於角作角亢綫直交天卯交垂綫於亢作亢氐綫直交地辰交垂綫於氐餘仿此即知乙角亢氐房爲抵力全綫又不論何切面即如辰地全面多力收爲一力當令必在亢氐綫上若亢氐綫不在辰地中間則不能定故抵力綫必在劈行之中　設劈下面極小直交於切面取垂力綫過劈重心即與此理合　上款各劈重之比如各切面交地平綫各截段之比爲第一要務設劈行不合第一要務則諸劈必滑動於切面　本款抵力全綫不可出劈行之外爲第二要務設劈行不合第二要務則諸劈必有欲環繞切面內邊或外邊之勢　圖中橋環心有切面設環心無切面理亦同因全抵力綫必直交丁戊垂綫故也

第五款　劈行上下面成兩曲綫若下面爲圓綫各切面以各半徑爲方向求上面當用何曲綫令劈行堅固



如圖丁卯未爲下面圓綫戊天心爲上面曲綫各切面方向如各半徑方向試任取下面一點如卯午爲圓心卯午辰爲圓心小角命爲房角乃平分諸劈一準天辰各角皆等於房角命丁卯中間劈數爲寅則有等數



設房角爲無窮小兩箇四邊形卯天癸辰甚近於卯天

地辰庚丁戊壬甚近於庚丁戊辛寅乘房角甚近於寅加一以乘房角且各等於丁午卯角房角餘弦漸近於一則改等數

午天丁午卯 午戊丁午卯 = 丁午卯 [illegible]

午天 = 午卯上得戊丁午卯 丁午卯 [illegible]

如法即得午天。試作午未地平綫作未己綫等於午戊又作己心地平綫交午卯半徑於申作申酉垂綫次作戊酉綫次作午天綫等於戊酉凡己心地平與各半徑相交皆仿此求得諸午天綫諸天點聯作一綫即所求曲綫　戊酉恆大於己酉（即午申）故天點恆在己心之上所以己心綫自己向心漸近於上曲綫而永不合一有等數如左

午己 = 未己丁未午 = 午戊丁午卯

午己 = (午戊丁午卯) 丁午卯正切

戊酉 = 戊午 午酉 = 酉午 午己

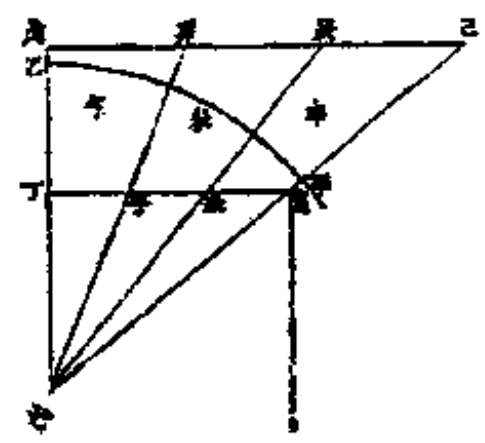
午卯丁午卯 (戊午丁午卯) 丁午卯 = 戊午

午卯丁午卯 (午戊丁午卯) 丁午卯 = 午天

午天 =

觀此等數其理自明

第六款　設有劈行上下偶為地平面兩端為垂面求相定之理



如圖戊己為上地平面丁寅為下地平面戊子卯丑辰寅為各劈各劈重之比如各切面與垂綫所成角正切各較之比亦如子戊丑卯寅辰各面積之比設心丁戊為垂綫即有等數

子戊垂 = 三丁戊 (子戊上卯角)

卯戊 = 子戊 心子 心卯

子戊垂 = 三丁戊 子戊 (心卯 / 心子)

正切戊 = 子垂 / 子心 子戊 / 子心 = 子垂 / 子心

子垂 / 子心 ∞ 三丁戊 子戊 (子垂 / 心卯)

惟丁戊為各劈之共用數所以有同變數如下

子心 ∞ 一 子垂 / 心子 ∞ 一 心戊 / 心丁

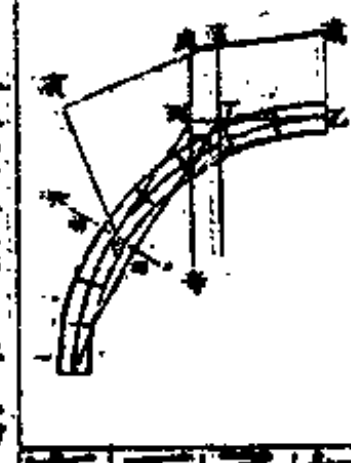
∞ 一 戊丁丁戊 / 心子 ∞ 二 心戊 / 心子

一 ∞ 二心丁 丁戊

惟丁戊為定數故心丁亦為定數然則心點必有定處所以諸劈相切面方向皆以心點為圓心若依此理諸劈之重必令劈行定然必如前論抵力綫不可出劈行之外設劈行上有他物壓之理亦同但當以上面重并入劈重俱作劈重用之　設有已知壓力如於劈行諸處劈行之曲綫另有式命為定環綫當用微分術推之

第七款　設劈或極短則抵力綫幾與下面綫同

加於每劈之各力方向綫必經過每劈所以全環抵力綫必交各劈之諸力綫必不出劈行之外因劈短幾同於下面綫若各劈不能下墜而出行理亦同然此惟劈行能阻抵力劈行之外諸壓下之物不能阻抵力因上面諸物不能相膠固合爲一體故也



如圖有諸重加於全環之一段如乙子諸重爲乙子二力所抵定乙丙子丙爲二力方向綫必交於丙點丙點在所加全重重心戊辛垂綫上設環上全重抵力皆爲垂力則戊辛爲全重抵力綫故卽爲乙戊寅子之重心綫設重爲方石或磚必無大差

第八款　有定環綫之橋環設環之上面加重太大必令旁劈之切面迸開

如前圖乙子爲劈行曲綫曲綫二正切乙丙子丙交於乙子上面全重方向戊辛上之丙點兩邊輕重等戊辛爲諸重攷於一點之抵力綫卽爲乙戊寅子全重抵力綫設於乙點上加大壓力則全重抵力綫必近乙點如戊辛移至亥丁乃作丁卯綫直交於子切面子切面抵力必加於卯丁綫以抵定上面全重則抵力綫卯點出劈行之下切面必開子點必上出矣　設環旁邊加重太大環心加重太小則卯點出劈行之上子點必下出而切面亦開矣

第九款　如環上所加諸重有膠固力合爲一體則抵力綫雖不在劈行中亦無害

如前圖抵力綫直交丑子於卯若欲環定必有推力加於卯丁綫上此推力非劈阻力所能生必丁卯綫上另生之阻力命爲未力用膠固力對未力命爲申力令申力乘子丑等於未力乘子卯如此則卯丁綫上當有之推力已足矣故環亦定　如各劈俱短欲不用膠固力以定劈行必當用定環綫式雖各劈無下墜出行之勢亦當用此式　劈行一如可彎之環欲不變動必令所加諸力各各相定不然切面必有內外開口之患矣

上面所加諸重若有膠固力合爲一體則劈行雖不合定環綫式亦不至遽壞也　設用而阻力則切面不必直交於抵力綫觀下卷自明　而阻力亦可當作膠固力以定全重

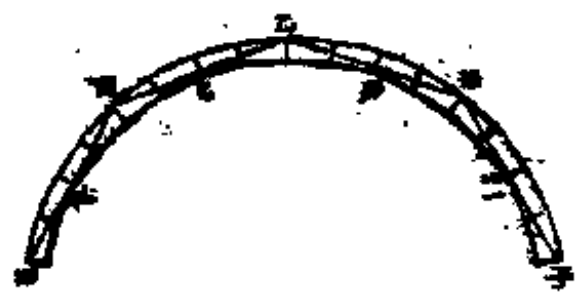
第十款　劈行相定在可知之限內爲固定

設劈長漸減至於無且全重無膠固力則相定爲非固定任在一點加減微重環必壞因抵力全綫所經過處

無阻抵力故也有二要務一劈不宜太短須令抵力微變時抵力綫不出劈行之外一設抵力全綫出劈行之外所加全重膠固之力并劈互抵力或能生推力於抵力綫上以抵定全重故全環相定之理由於切面邊上抵力及全重膠固能力也設此二力微變抵力綫亦變則各切面抵力所加點近於劈行上下二綫若全重膠固能力及劈行互相抵力加大各劈質體不能當互抵力大則必斷膠固力大則必壓碎質體而壞矣

第十一款　論橋斷之理

環頂加重太大環必折爲數段各段之丙有數劈一直綫貫之故可作石梁或條石所成諸邊形論如圖甲子全環分爲甲丙丙乙乙丑丑子四段有甲丙丙乙乙丑丑子四直綫貫之四直綫不出劈行上下綫可用前款屋梁之理論之若有大重加於乙點則環之甲丙乙丑子五點必有欲開之勢五點上阻力不能阻之蓋兩旁所加土石之類無膠固力故抵力能加於各角者只有恰當各角上面之重所以環必折折時乙點必向下丙丑二點必向上壓試皆然凡環折切



面開處恰在頂在塊在頂塊之中其五處也戊己卯寅四處將折半月前必見有大石脣墜下此必甲丙丙乙乙丑丑子四抵力綫經過此四點四點爲最近下邊之處大力加之不能當故也

用諸小劈作小橋環加大力於頂試之環必先折於丙遠離戊己二點墜石脣之處

重學卷六終

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論面阻力

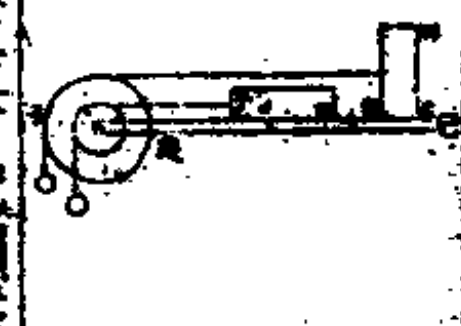
凡重物行於質面上有阻滯力爲面所生命爲面阻力可測驗知之卷中所論者重力相定時面阻力若干其理若何質面有光糙之別若純光不必論面阻力

面阻力有二其方向一與抵力對面一在切綫上純光面只有抵力對面之阻力糙面則有二阻力（切綫上之阻力又名磨力）

第一款　設有質體切於純光面面生阻力其方向必直交於面

面爲純光則質體行於本面無磨力故所生阻力方向必直交於面因質體任用何方向行於面上阻力方向與諸方向相交必成同角故也　設面非純光則質體行時原阻力之外必另生磨力以面之切綫爲方向與體行方向相對用此力成相定之理與抵力無異欲知質體之面阻力體在面上恰能令體動之力即爲面阻力之率而體動時必行於此力之方向　設重在地平面上有子力引之若面非純光子力微少於面阻力重即不動再加力於子令子力微大於面阻力重即動所以必有一力在大小兩子力中間恰等於面阻力爲面阻力之率　面阻力大小一由於本面質性一由於重體質性一由於面之光糙一由於體之輕重　重體任何形狀切面任何大小面阻力無大異（上諸條之理俱測驗而得）

第二款　質重若同雖切面改變面阻力恒同



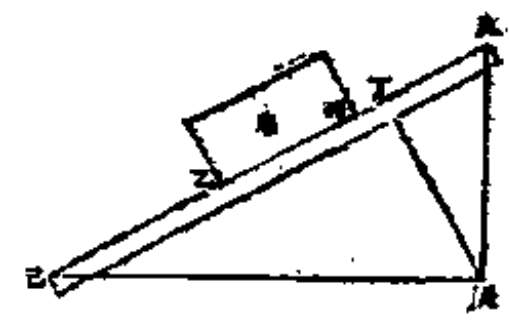
如圖甲丙爲長方體先以長面乙丙切於戊己平面測驗得若干平力能令甲丙體動次以短面甲乙切於平面引之令動所用之平力與前同切面雖不同而抵力即重同故也所以面阻力與抵力恒有比例然抵力太大面阻力必微小於比例當得之數

各質體面阻力不等如丙乙與戊己以平面相切命抵力爲午面阻力爲未乘午兩面俱磨令極光測得各面阻力定率如左

面質俱（午三）	面質（午二）	面質（午一）	
木紋亦平行（未）	木紋橫直交（未）	木——金（未）	俱金（未）

以油拭面能減小面阻力用新猪油可減至半

第三款　測面阻力大小



如圖戊己爲活面先依地平置之以心重切於丙乙乃徐徐舉起戊邊令戊己庚角漸大至所加之重動而斜下恰當將動未動之候測其角度幾何即知面阻力大小蓋恰當將動未動之候是面阻力以斜面爲方向恰能令重定之時乃作丁庚綫直交於戊己心重在斜面上有三力定之一本重一斜面對力一面阻力即磨力三力方向直交於庚己己丁丁庚三綫故三力之比同於三綫之比

一率　己庚　丁己

二率　丁庚　丁庚

三率　心重　抵力

四率　阻力　阻力

作庚戊垂綫又有比例及等數如左

一率　庚己　庚己

二率　戊庚　戊庚

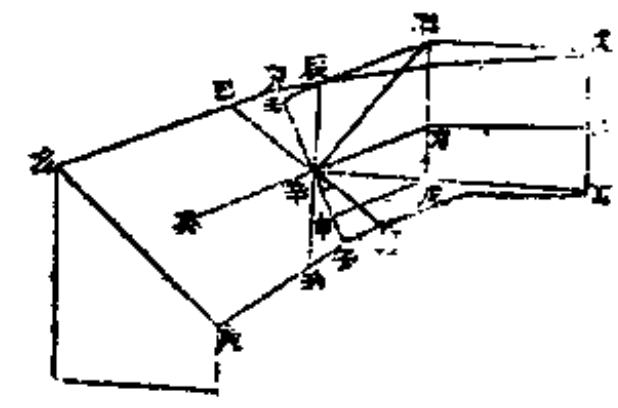
三率　抵力　午　　未午＝庚己／戊己

四率　阻力　未　　未戊＝己丁／切

設面阻力與抵力有恆比例則任加多少重斜下之角總同欲知其有恆比例與否當測重變時角變否若重愈大斜下之角愈小則必因抵力較大而面阻力較小之故嘗觀海船將下水加於小角斜面小重不下而大重必下因明面阻力與抵力比例重較大時微變也面阻力與他力異體無動勢此力不生動勢愈大此力愈生如前圖戊己爲地平面時面阻力不生己角愈大面阻力愈多面阻力自無至漸多恆有阻重之能至斜下時乃阻力已滿定率不能更增以相阻耳　凡質體在面上有動勢欲行於某方向方向對面即生面阻力因有此面阻力故質體或不合相定之理亦能相定然微不合相定之理一邊少若干能力即生若干面阻力以代之故仍相定若大不合相定之理所生面阻力已滿定率不能更增則不能相定矣即如造橋環已疊成劈行本當用某能力以免斜落之患因有面阻力故不用他力亦永不斜落也

第四款　二平面相切用面阻力相定若無面阻力求交面當用何方向

如圖亥子子戊二質體子卯爲切面丙癸爲兩重心作丙癸抵力綫直交於切面辛點辛點爲生阻力處乃自辛作辛酉辛戌二綫交重心丙垂綫於酉於戌成丙辛



酉丙辛戊二角令有比例見下作酉壬線與丙辛平行直交切面子卯於壬壬辛爲面阻力率酉壬爲抵力率設子卯切面上面阻力滿定率時相定之能力分爲壬辛酉壬二力則辛酉爲相定能力大小方向之率又作戊申線與丙辛平行直交子卯於申申辛爲面阻力率申戊爲抵力率設子卯切面上面阻力滿定率時相定力分爲申辛申戊二力則辛戊爲相定能力大小方向之率

一率　抵力酉壬　抵力申戊

二率　阻力壬辛　阻力申辛

三率　半徑　半徑

四率　丙辛酉角正切　丙辛戊角正切

凡兩體不合相定之理用面阻力以令之定面阻力所準之力原抵力爲一所準之力爲正割面阻力爲正切必在辛酉辛戊二綫之間二綫爲上下界綫作寅巳綫直交於辛酉設寅巳爲二體相切面若無面阻力必以辛酉爲抵力即面阻力所準之力作丑辰直交於辛戊設丑辰爲二體相切面若無面阻力必以辛戊爲抵力即面阻力所準之力丑辰寅巳中間可任取何方向爲切面若有面阻力所任取切面能令二體定若無面阻力子卯切面方能令二體定

第五款　橋環用面阻力相定若無面阻力求相定之理

第一要務　橋環堅固全憑面阻力定之若不用面阻力則各劈重之比必令同於各切面與垂綫所成角正切各較之比

第二要務　全環抵力綫不可出劈行之外

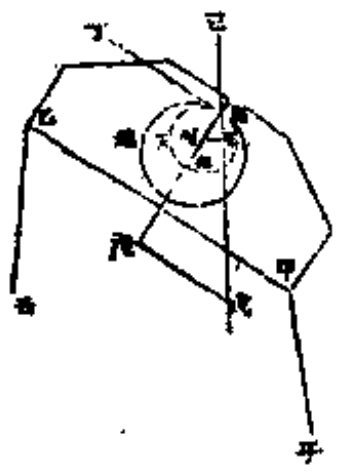
以第一要務論之如前圖子卯切面不論何方向若在二界角之中則恆相定子辛丑子辛寅爲二界角與丙辛酉丙辛戊二角等若面阻力與抵力比同於界角正切與半徑比則環必堅固凡橋環無面阻力全環抵力綫所成諸邊形各角在各抵力綫交點各邊必直交各切面若有面阻力則諸邊可不直交切面而與直交之綫成角但不大於丙辛酉或丙辛戊二界角若已知各切面直交點可於各點作抵力綫如辛酉與直交綫辛丙戊界角交重心垂綫於酉各酉點聯爲一綫爲全環抵力界綫再於各點又一邊作抵力綫如辛戊與直交綫辛丙戊界角交重心垂綫於戊各戊點聯爲一綫亦爲全環抵力界綫此二綫中若有一綫不出劈行之外

全環即堅固又若二綫中間一綫在劈行內全環亦定

設已知劈行形狀且行不甚廣有面阻力切面交劈行曲綫可任用何角但切面不可出界角之外若無面阻力則必直交於曲綫　設已知各劈垂力且無面阻力若知一箇切面抵力即可知他切面抵力如上卷橋環總論圖已知土申申酉酉戌戌亥各劈重之率設知土寅則知寅點所在亦可知申寅酉寅戌寅亥寅諸綫以諸綫皆平行於諸切面故也已知諸切面方向綫即可推得全環抵力必不出劈行之外若有面阻力每切面方向可少變但不出界角外環仍定也　欲知界角以正切為面阻力率之角是也（以抵力為一則面阻力等於正切）第二要務可不論蓋面阻力但於諸重微加膠固力與抵力無涉

論圓柱以陰陽面相切面阻力

小圓柱以陽面旋轉於大圓柱之陰面其相切處必生面阻力此面阻力以抵力為率



如圖天地為二平圓周丙卯為二圓心二圓周相切於星點設此二圓周為二圓柱之周面則二圓柱相切處必成一直綫地柱旋轉時必生面阻力面阻力之比同於抵力之比故有等數

午未——力阻面

惟面阻力定率與前不同測而知之

二面俱木

午丑——未

午子——未

午子——未

桿定點軸滑車軸一切輪軸面阻力俱準此

第一款　求面阻力在何角界內能令桿定

如前圖甲乙為木桿桿之中有地星圓柱之陰面切於天星圓柱之陽面以令桿旋轉陽圓周必微小於陰圓周面阻力生於相切之星點方向在二圓公共切綫星丁上設有子丑二力加於桿上令桿動於甲子方向面阻力即生於星丁子丑必有并力設方向為己戊己戊上之并力與星丁上之面阻力令桿定於天星面之星點故此二力之并力庚星必經過星點則己戊亦必經過星點又庚星必直交於天星曲面則必經過圓心丙點作戊庚直交於星庚則有比例

一率　星戊　星戊

二率　戊庚　星庚

三率　子丑并力　子丑并力

四率　面阻力　抵力

故當面阻力滿率時有等數如左

命星庚爲寅設子丑之并力爲卯則有等數

作丙辛綫直交於己戊則有比例及等數

一率 丙辛

二率 丙星

三率 戊庚

四率 戊星

此爲體相定當面阻力滿率時之要理

設子丑并力方向經過丙點雖無面阻力桿仍定 自圖心丙點作丙辛綫直交子丑并力方向己戊則有相定之率

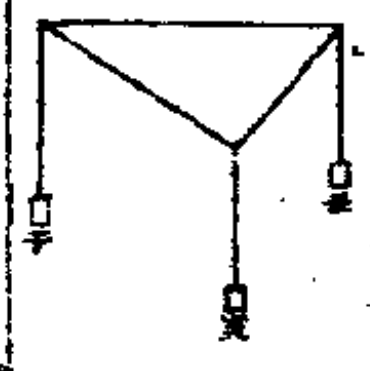
當面阻力滿率時有等數

03冊-91/45

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

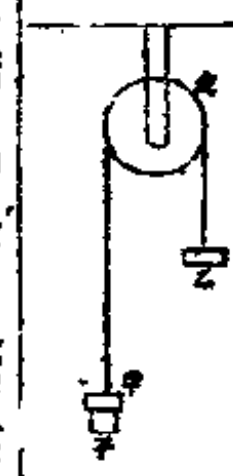
論質體動之理

一動重學之理以能力加質體令生動爲主前卷所論助力器上諸力相加微不合相定之理卽生動是也



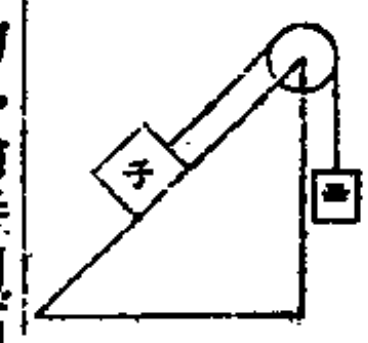
如圖子丑寅三力比例不合相定之理卽不定於定點而生動其動法如何視體之大小而異本卷所論者測驗體動之理而以算術推之

一令體動之抵力與令體定之抵力無異



如圖甲乙等重懸於滑車相抵而定必生相等對力於甲戊乙聯綫上故不動甲重一邊加子重則乙上甲下而索力之加於甲乙者必等且方向必對面子加甲有二能力一索力爲向上力一子甲重和爲向下力二力之較令之下行乙亦有二能力一索力爲向上力一乙重爲向下力二力之較令之上行如是二重之動皆生於能力之方向

設有一重其動勢不得已而行於斜交能力方向之綫當以分力并力推其生動之抵力



如圖子丑二重之聯綫經過滑車動時子行於斜面則抵力必斜加當先推子重之分力而後可求生動之抵力欲推抵力生動之能當先知動理有三例詳見後

一動必論時刻而必以最小之時分度之凡推算或以日或以時惟重學恆以一秒爲時率適用故也

一動必有遲速今統命爲速如有二體動所用之時等所過之路不等卽謂一速較大一速較小或所過之路等所用之時不等亦謂一速較大一速較小

設有體動用相等若干時過相等若干路則爲平速動卽以一秒中所過路爲速率若非平速動則其速率以時率中當過之路爲準

第一款　凡平速動任若干時其所過路必等於速乘時

命一秒中所過路爲癸卽速率惟動係平速故二秒中所過路爲二癸三秒中所過路爲三癸命所用若干秒爲寅則寅秒中所過路爲寅乘癸故有等數

若所用之時爲奇零分或秒下帶奇零分則以通分入之

假如有船一時平行六十里求速率若干　等數如左

$$\frac{\text{英尺}\ 0.0\ 8\ 1\ 1\ 0\ 2\ 0\ 0}{\text{中尺}\ 0.0\ 2\ 7\ 0\ 0\ 7\ 3\ 0\ 0}$$

求得一丈五尺即速率也

若增速減速動不能以路爲實時爲法而得速率因時刻不平故所得數不能合也如前圖滑車上甲乙二重加子重令甲下行初四秒中下十六尺英尺爲中尺七分之六次四秒中必下四十八尺則非平速乃漸增速也細測之次四秒中之前三秒下三十三尺前二秒下二十尺前一秒下九尺前半秒下四尺又四分尺之一前四分秒之一下二尺又十六分尺之一乃從五秒初推得各衰如左

速	衰	路	衰	時
二一〇	九	五	五	五
一一〇	八	二	六	五
一〇〇	六	五	五	五
〇〇〇	四	五	五	五

以時衰除路衰得速衰　從五秒起時愈大得數亦愈大增速動必如此蓋凡推路任從第幾秒起必以本速及後所增之速爲主時愈小增速所生路亦愈小若漸近初秒亦漸近初秒之速　欲推動體在某點之速率以路爲實時爲法法除實得限數即速率也限者路時俱從某點起路時漸小而永不至之數謂之限數　如前設用甚小時爲八分秒之一或十六分秒之一測之覺路爲實時爲法所得之數必恆大於八若從五秒起此數即八則八爲路實時法得數之限數故八尺爲動體當五秒初之速　如上俱論五秒以後設推五秒以前理同

第二款　凡推速率不論何動法以時率$\frac{\text{餘一}}{\text{秒}}$中平速當過之路爲準

速爲漸增速設從已知點起用甲時命甲時中平速當過之路爲辛增速所生路爲壬辛加壬爲實時爲法除得限數爲速率此實數中壬爲動體離已知點後增速所生甲時愈小壬亦愈小至限數則壬爲〇故辛加壬爲實時爲法之限與辛爲實時爲法之限同設甲爲一秒速爲平速辛爲一秒中速所過之路則路即爲速率若漸減速亦同以微分術明之如左

$$\frac{\text{微辛}}{\text{微甲}}$$

円微分例中微辛以甲言之微辛爲實微甲爲法所得爲分數之限故有等數

$$\frac{\text{此等數}}{\text{前之等數}}$$

論動理

事有本有末故凡變動俱有根源設無根源決無發生故發生爲根源之率

如動及動勢之根源爲能力能力在重學中可作抵力論凡抵力與對力必等有抵力在一點必另生相等對力於本點以阻之然非測驗不能明也

物動速及方向皆以所加之力爲準此理分爲三例

動理第一例　凡動無他力加之則方向必直遲速必平無他力加之則無變方向及變遲速之根源故也

或曰時刻卽足以變遲速歷時既久速者必遲曰古人初亦思歷時幾何必漸遲以至於不動因見諸動物恆如此故也後細思之知其不然歷時幾何必漸遲者其故由於有阻滯或他力加之或面阻力阻之但他力阻力必加在所歷時中故人誤以所歷時爲漸遲之根如將小球走於平面爲面阻力并風氣所阻滯故令漸遲而停又如將擺搖動空中不以法令之長動亦必漸遲而停因風氣阻滯故也又令輪轉於軸必漸遲而停因軸上面阻力并風氣阻滯故也如此阻滯物動之力皆爲可知然則漸遲而停非因時刻之故明矣試將二物一輕者爲羽毛一重者爲銀在風氣中下墜則一遲一速在無風氣空中下墜（用法取盞器中風氣）則其速同無少參差也又試將球走於平面冰上良久不停因冰甚滑面阻力少也又試將擺動於無風氣空中良久不停然亦必漸遲而停者因空上有面阻力也所以遲速不關於時刻若物動無他力阻滯則永不停亦不變也

前條之理既明乃可言變動之理若物行於曲綫或雖行於直綫而遲速不平必有他能力加之令物離直綫角度或令速變由於他能力方向及大小所謂他能力方向者卽他能力令靜物動所行之直綫是也此力若加於動體則兩動必并而爲一設與本動方向同則不變方向但加減本速設與本動方向異必令動體變方向而行於曲綫曲綫向內處近於他能力向前之路其力大小以發生之數爲率此發生數卽速也故以同時內生速之大小爲能力之率

論漸加力

所知時中以所生速爲率之力卽漸加力也若漸加力依動物方向加於動物令生速依時平加名曰平漸加力設有抵力恆加於動物或動物恆爲他物牽引所加之速必愈久愈大如一石下墜歷一秒一石下墜歷二秒二秒之石必速於一秒之石因地球攝力歷時愈長則生速愈大也又如輪加於軸以手轉之歷時愈久輪行愈速設止手不復加力則輪必依止手之速自轉設再加力力與動之方向同則更加速由此觀之凡力加於

靜物則生動加於動物則增速故力恆加於動物歷若干時必另生若干速末後之速爲諸速之總設所加之速依時平加則其力謂之平漸加力　地心力平漸加力也意大里亞伽離略用斜面測之阿德符突另造器測之無不合者　凡平漸加力之率爲所知時中或加或減之速假如測物向地心下墜每一秒必加速二十七尺六寸此數爲地心力之率設別有平漸加力每一秒加速一尺此數爲別力之率則別力與地心力之比同於一〇與二七六之比

第三款　平漸加力若干秒中所生之速等於力率乘秒

設甲爲漸加力率則甲卽爲一秒中所生之速因其力爲平漸加故二秒之末速爲倍甲三秒之末速爲三甲命若干秒爲寅則寅秒末之全速爲寅乘甲　若以一秒分爲若干分而以一分中所加之速爲漸加力率得數亦同

時中力率—速　速時—力率

故速爲實時爲法得數爲平漸加力定率假如四秒中生速八尺以八爲實四爲法得二爲漸加力率因地心力一秒中生速二十七尺六寸故二七六爲地心漸加力率

欲知物動至某點時平漸加力若干當從某點起以某點後所生之速爲實生速之時爲法除得限數爲力率

設漸加力不平則除得之率爲所用時中共變之數如前所言路爲實時爲法除得數亦爲共變之數推之速實時法有限數一如前之路實時法有限數前之限數爲速之率今之限數爲漸加力加在某點之率先求得速實時法之數次從某點起再求全時漸減之數必漸近於某點漸加力之率至無窮小處之限數必恰爲初點漸加力之率矣　設所加之力與原動方向對面令原速漸減名漸減力理亦同

第四款　凡物動能力恆平故時率中當生之速爲能力之率

設能力爲漸加力則從某點起若干時中所加之速有幾分生於某點之能力有幾分生於某點後所加之能力今不論某點後所加之速但論某點生速之理則所推能力之率當以某點後爲恆加故時率中所生之速爲能力之率

以微分術言之方等於速之微分爲實時之微分爲法蓋速微分爲實時微分爲法所得數乃諸速微分爲實

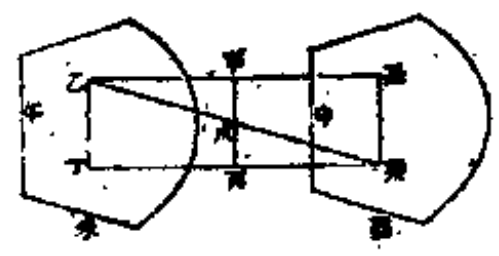
諸時微分爲法之限數故等於力也

前款中有路微分爲實時微分爲法等於速之式以兩等數相乘如左

$$\frac{\text{微路}}{\text{微時}}=\text{力}\qquad \frac{\text{微路}}{\text{微時}}=\frac{\text{微路}}{\text{微路}}\qquad \frac{\text{微路}}{\text{微時}}=\text{力}\qquad \frac{\text{微路}}{\text{微時}}=\frac{\text{微路}}{\text{微時}}\qquad \text{力}=\frac{\text{微路}}{\text{微時}}$$

第五款　若有二速相合以平行四邊形之二邊爲分速大小方向率則對角綫必爲并速大小方向率

如圖午未爲平面船板以平速行於乙丑方向自午未至申酉有物在此面上以平速行於乙丁方向與乙點同時動乙點至丑時物恰至丁乃補成乙丁卯丑平行四邊形又作乙卯對角綫則物必以二速之并行於乙卯方向蓋乙點至丑時乙丁綫行至丑卯所以物本行至丁而行至卯也任取中間之時如乙點行至甲時乙丁線行至甲丙物行至戊則有



比例

一率　甲戊

二率　甲丙

三率　乙甲時刻　乙甲

四率　乙丑時刻　乙丑

三率爲乙甲四率爲乙丑者因二分速皆爲平速故也

惟爲平速則乙戊卯爲直綫故又有比例

一率　乙戊

二率　乙卯

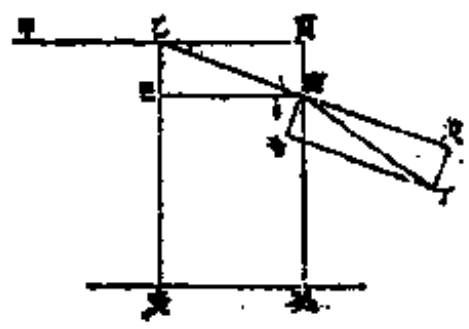
三率　乙甲　乙甲時刻

四率　乙丑　乙丑時刻

所以物自乙至卯爲平速動凡如此動者恆有二速一平面速乙丑一物本速乙丁

動理第二例　有力加於動物上動物必生新方向及新速新方向即力方向新速與力之大小率比例恆同

凡有他力加於動物則他力所生之動必合於物之原動而令所生二動并行於平行二本方向之方向綫上



如圖物在甲點第一秒中以平速自甲至乙依第一例第二秒中當自乙至寅乙寅與甲乙等（遲速必平故）且甲乙寅爲直綫（方向必直故）若至乙時有他平力加之以乙己爲方向其力大小一秒中能令靜物自乙至己則第二秒中物必自乙至

丙令乙己與寅丙等亦平行乙寅與己丙等亦平行設能力不加第三秒中當自丙至戊丙戊與乙丙等且乙丙戊爲直綫設又有他平力加之以丙辛爲方向其力大小一秒中能令靜物自丙至辛則第三秒中物必自丙至丁令丙辛與戊丁等且平行丙戊與辛丁等且平行設逐秒遞加平力俱可類推　設在一秒中所加力非恒同大小方向改變則任取小於秒能力未變之時分爲準　設能力逐時變無不變之時分則須用限數法推乙己乙寅等之限數　如前款圖動物行於乙丑綫上有乙丑速設在乙點時別加乙丁速則物以乙卯爲速且方向必自乙至卯若自午未動面言之仍以乙丁爲動率然則物動於動面上一如生速於靜面上故水手在動面木工在靜面其用力無異也又如將球走於船上平面或向船頭或向船尾或向兩旁若力等路亦等也又如物動於陸地無論東西南北能力與方向之率並同不因地球動而異也故地動與能力方向無涉能力方向與地動亦無涉所以鐘擺東西動與南北動無二也又如前款圖午未船行於午申綫上有球置於船板乙點設船板行而令乙丁移至丑卯船在午未時球在乙點受擊而行於乙丁綫則乙點至丑時球必在丑卯綫上然球始終行於乙丁方向未嘗變也故球同時有二動有乙丁動有乙丑動各生於本方向而兩不相涉然則球無他速當行至丑行至卯者爲他力所激也故乙卯之動爲乙丑丑卯二動之并又如本圖乙庚爲船桅一秒中行至寅癸在乙庚時有物自乙下墜一秒中當至己乃在寅癸測之則一秒中自寅至丙寅丙與乙己等蓋物在乙點時以乙寅爲本速因加他力當行至己合乙寅乙己二速而成乙丙并速必令乙己丙寅爲平行四邊形此可見同時二動之理二速并爲一速而各不相亂也不然地有東西動使地面之物南北動將不南北而東西矣無是理也且地球不獨自轉又有繞日之行諸行星皆繞日又隨日繞昴宿大星更增一動法而不相亂理與此同

論質與動相涉之理

欲知質與動有何相涉當先明重速積及動力率質與速相乘爲重速積所歷時中正加抵力所生重速積爲動力率加力之方向經過重心謂之正加動理第三例　凡抵力正加生動動力與抵力比例恒同此抵力對力相等之理也

如所動之物爲定數則抵力愈大所生之速亦愈大抵

力愈小所生之速亦愈小如抵力為定數則所動之物愈大所生之速愈小所動之物愈小所生之速愈大皆試而知之　凡物生抵力加於他物必受他物所生對面抵力等於本抵力蓋對力與原力必相等也設丙丁二物丙加速於丁丁減速於丙二力必等如丙在平几上丁以繩聯丙懸於几邊丁欲與丙同下則丁加速於丙丙減速於丁加減二力與索力等設几無面阻力所歷時中重速積所加所減等則丙丁之重速積所加所減亦等假如丙重三斤丁重一斤一秒所生之速為八尺惟丁重懸空索力引下本當三十二尺強（英尺）則有等數

設丁丙俱重三斤速十六尺以重速積相加減有等數

丙加重速積＝＝＝＝＝三斤八尺

丁減重速積＝＝一斤（三十二尺丁八尺）

三斤八尺＝＝一斤（三十二尺丁八尺）

（於此丁尺二十三斤＝三斤八尺）

然則丁動力重增三倍速增二倍蓋丁重半用於本體半用於丁丙間因重速積所加所減在同時刻中故加速於丙之動力等於減速於丁之動力也惟抵力加速於丙減速於丁亦同動力亦同凡兩相等抵力同時加於兩相等之物能令以同速動故兩物一如并為一物兩力一如并為一力即二抵力能生一倍重速積任抵力幾倍皆同設抵力有漸加定率則所歷時中所加之重速積大數恆準此率動力亦然故動力抵力之比例恆同　因所加重速積恆等於所減重速積即謂本力等於對力亦可所以生動時原力與生力相等且對面此與動理第三例說異而理同

如圖甲乙二重懸於滑車戊生動之力乙大於甲可借為測速之器此器減速時理反不變便於測速之多少也

第六款　凡漸加力與抵力恆成正比例與體質恆成反比例

因漸加力於所歷時中所生之速比例恆同故也

假如有甲重在空中為地心力所引求動力一秒中地心力所生之速為地心速率設命為子則子為加於動體之漸加力凡漸加力與重相乘為動力故甲乘子為動力

假如有甲乙兩等體加於滑車兩邊為丙力所引求漸加力若干　物下於空中地心漸加力命為子則生動之

力爲物之重所引動者本物之質體今丙生動於甲乙惟丙爲生動之抵力甲乙二重相對即相消也所引動者爲甲乙丙三體全質動時遲速相同所以三體一如合爲一體所動之合質爲丙加二甲即有比例

一率　丙重爲實丙加二甲爲法乘漸加力即乘千

二率　丙重空中向下漸加力即千

三率　生動抵力爲實所動合質爲法丙爲實丙加二甲爲法

四率　丙重空中抵力爲實丙全質爲法丙爲實丙爲法

故所求漸加力等於丙子相乘爲實丙加二甲爲法

假如有坐球重一兩銃中發出一秒中行一千尺經過銃管之時爲十分秒之一求動力若干　能力加於球歷時十分秒之一生速一千尺設能力爲平加力則一秒中生速爲一萬尺即有比例及等數

一率　地心引力二十七尺六寸

二率　能力生速一萬尺

三率　球重一兩

四率　動力三百六十二兩三錢

$$\text{動力}=\frac{\text{一萬尺}\times\text{一兩}}{\text{二十七尺六寸}}=\text{三百六十二兩三錢}$$

靜重學中但論體質動重學中兼論地心引力

論物有不肯動之性

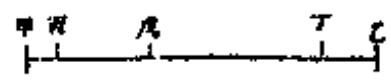
凡質體有不肯動之性以其能阻生動之力者爲率如前圖丙乘子爲生動力以動甲則漸加力乃丙乘子爲實甲爲法所歷時中所生之速與此數恆有比例故甲愈大所生之速愈小甲愈小所生之速愈大則甲可作不肯動之性率此本謂物性之一今謂物動理之一更確

論擊力

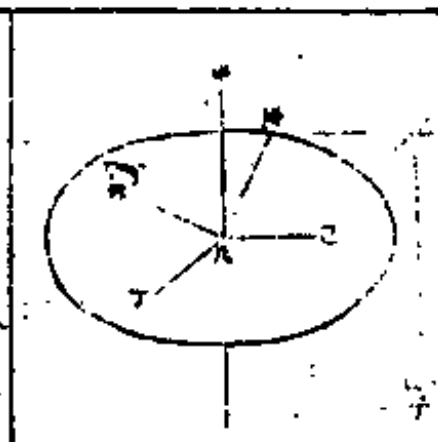
抵力之外有擊力亦可以動理第三例明之何謂擊力乃一霎時中之抵力不論何物相擊時必變形狀或可見或不可見有凸力即不可見凡物爲他物所擊變速之時即變形狀之時但其時極微而不可見如以象球象牙球擊象球一遇即分一霎時中受擊之球增有限速又設二球或鉛或瓦擊後不分無凸力故也凡相擊所生變速在一霎時中若非極微而可見必知所生之動以漸而生轉球動時亦必知以遠漸加而漸生動此漸漸力漸加速者在一霎時中故雖震動之時甚小然非無限小也　凡二球相擊時兩小凸面必變爲平動球以抵力生動於靜球靜球生速動球反減速相擊後二球若俱無凸力即相隨而行若有凸力則分行兩異速何謂凸力兩小凸面平而復凸其抵凸有力名爲凸力凸力能另生速其速若當二球相擊時未也若無凸力復凸之理可試而知[illegible]凸則人人知之不[illegible]

墨必染於彼球驗之不作微點而作可量度之小圓面以見如其平而復凸也相擊之力愈大小圓面亦愈大用豕脬或綢球滿貯風氣擊時平凸之形易見所歷之時亦爲易則然則凡有凸力之球擊時亦必平而復凸其歷時亦可推因相擊之勢無異也

動理第三例明之凡抵力與所生之動力恆有比例相擊之理亦然蓋相擊爲極微時之抵力自無漸大以至於有可測復自有可測漸小以至於無設二球相擊方向在一綫上能生速則於對面方向亦必減速惟二球面上所生之二抵力必等亦必爲相對方向之對力則以動理第三例證之相擊所生之重速積在兩面亦必等設有無凸力之二質體以對面方向相擊擊後不復分行且重速積相等則相擊時二速俱消盡二質體即靜



如圖甲乙爲無凸力二球相擊於甲乙方向綫上設二球之速與質有反比例則於甲乙綫上取戊點令甲與乙比如乙戊與甲戊比是戊爲重心設已知時中甲至丙乙至丁則甲與乙比如乙丁與甲丙比因速與質有反比例故也又甲與乙比如丁戊與丙戊比故戊點仍爲重心然則二球行漸近時重心不動若二速相遇不盡相擊後隨行於一箇方向則重心能動不合理矣　以長加力言二設甲乙爲二舟人在甲舟以索引乙舟二舟所加之力等即索力也二舟所生速之比如甲乙質積之反比所以二舟相近之時重心不動所遇之點即重心也若請相遇之後索力仍未消去重心亦必不動因索力所生二對力必相抵而定故也　又設甲爲磁石乙爲微能相引而近亦如甲乙以索對引二抵力爲相引則生故必等證以第三例二速之比必如二質積之反比二物漸近重心不動即二物之遇點此以實測知之二前所論者皆正加能力也今論旁加能力之理如圖子



重以乙庚索運動丙丁己此索不正加丙丁己但以能力令諸體環繞甲戊定軸丙丁己動時如合爲一體所生運動能力自曲桿庚端通至戊至丙曲桿之兩端爲庚戊丙戊丁己理同

廣動理第三例　凡有抵力由合質體加他物而生動動力與抵力比例恆同

前所論者動力正加與抵力比例恆同今論動力任何加法與抵力比例亦同故仍以所歷時或一秒中所生

速與質重相乘得重速積爲動力之率

第一證有兩箇相等抵力用一箇法加於質體若所生重速積非加倍則第二抵力獨加與共加不同必另有推法今測兩个抵力加於質體恰生倍重速積無餘無欠則共加與獨加無異不必另推此理至爲易見

第二證以助力器試之如二人加力於輪周較一人加力增速二倍若不及二倍必因手足不捷之故（輪愈速手足當愈捷）又如在一器上一邊之重微大生速甚小重略增速亦略大增至多重則速極大漸近於空中下墜　設已知質積所生之速在一秒中與生速比例恆同不論何器何術試之皆合或疑此理不眞可用分釐尺度之即得其實也

第三證依廣第三例算術所得之數恆與實測相符

已上三例半由用器測而知之半由憑理思而得之此即所謂有發生必有根源有本力必有對力然測驗所得其理亦出于自然若本無其理雖測驗亦不能知也今以生知學知諸理分列于左使讀者一覽了然

自然而知之理

一速無當變之理不能變

二漸加力之率爲所生漸加速

三對力即所生力與本力等

測驗而知之理

一物動所歷之時不得爲變速之根源

二物增動變速與物之本速本方向無涉

三或合體之幾分或一體之幾分以重力相連相加以及原加於體之力俱不能改變另加能力所生速及方向

曰知之理三與測知之理三兩兩相配

重學卷八終

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論平動相擊

凡二物相擊無他力加之擊後或隨行或分行其前後動法必準動理第一例以平速行於直綫

擊後變速已見動理第三例下今論相擊前後遲速方向之理其變速既非曲行亦非永變乃在一霎時中細究之此一霎時中其加速減速亦必漸加漸減因其時甚微故不論但論相擊前後二時依動理第三例或生速或減速

設物體非甚小可以重心爲準路爲重心所經之路體之全質環繞重心周圍質重相配俱等面爲球面合二物相遇時僅在一點此一點所有相加抵力其方向綫必直交於二面此點卽交點此方向綫卽經過二物重心設欲合二體相遇時不論何方向二力綫經過二重心必令體之面爲球面若相遇用所知方向則非球面亦可必正遇也設二體相擊而力方向綫不過重心則一體必旋轉不已此理今未暇論凡二體相擊若所行方向與所擊方向合一綫爲正相擊所行方向與所擊方向非一綫爲斜相擊　設二物相擊方向對面重速積等擊時二凸面變平二速相消復凸時另生二速所消速與所生速之比同於二面變平力與復凸力之比二體或漸近或漸遠若欲論其合遠同方向則用二速較對方向則用二速和

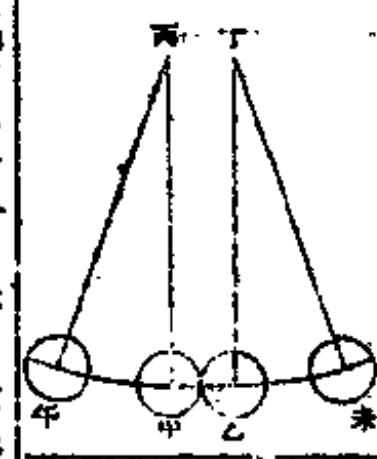
第一款　設二體對面相於一直綫上相擊二重速積等則平凸二力消而復生之漸速二重速積亦等且方向必對面

準動理第三例二綫無凸力在一綫上對面相擊且重速積等則二凸面平時二速消盡二體俱止不行若有凸力相擊後必對面分行所生之速以二體質性爲準此有二理一相擊而平一平而復凸當凸面平時與無凸力之理同蓋未凸之前形狀故變爲相擊抵力所生初凸時前速消盡故與無凸力同至復凸而分行其二重速積生於相抵以動理第三例證之必等二速大小生於凸力大小此理由測驗而知

第二款　有凸力體正相擊者質性同則凸力與平力有定比例

體不論大小行不論遲速但質性不變前後二速之比恆同惟前後二速而定比例故分速亦當有定比

例 分二速言之爲分速合二速言之爲合速合速或用二速之較或用二速之和

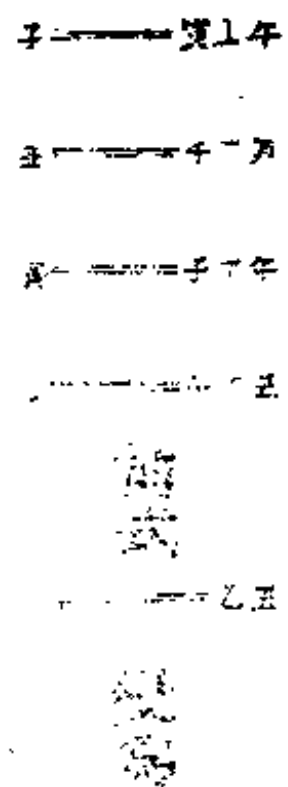


如圖甲乙二球懸於甲丙乙丁二垂綫將此二球分而復合在弧綫最下點一擊即復分行至午至未視弧綫若干即知相擊前後二速比例定率 若二速與合質積不成反比例相擊後所當有之速亦無不可推 測驗最易莫如以一動球擊一靜球 平凸二力有相等有不相等凸力有全者有不全者凸力全則等於平力凸力不全則小於平力是謂腦凸力也凡腦凸力之物以凸力爲實平力爲法得凸力定率呢紗等球擊前擊後二速若九與五九爲平力五爲凸力下倣此 鋼球略同樹皮球又略小象牙球前後二速若九與八玻璃球若十六與十五皆以測驗知之

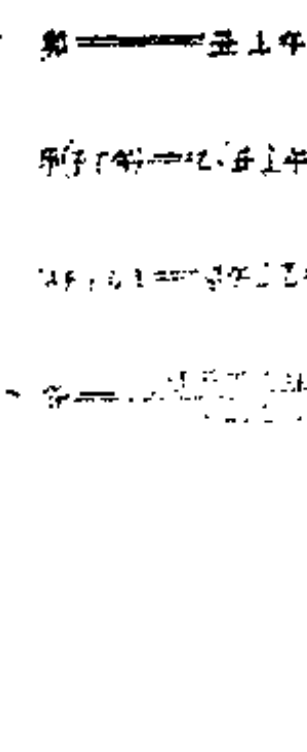
第三款 有二體無凸力大小不等正相擊已知擊前二速求擊後二體共速

如甲乙二體擊前對面行以子丑爲二速取子丑二速之比同於甲乙二體之反比則有等數子丑：甲乙 是甲之重速積等於乙之重速積也準動理第三例擊時二速必相消而二體無凸力無復分之勢故擊後必定

設載二體之面亦平動於某方向二體運速與面動不相涉假如面以午速動與甲行方向同則甲乙對行以面上言之寅卯爲二速令等數爲一 則擊後以面上言之甲乙不動然面有午速與甲行方向同則相擊之前甲有本速寅又有面速午 面速加本速爲全速乙有本速卯又有面速午 面速少本速爲全速相擊之後甲乙二本速俱消盡合餘午速設甲以等於寅加午之子速前行及乙乙有等於午少卯之丑速則相擊之後必俱以午速前行有等數如左



若面速小於乙本速則擊之前乙全速爲卯小午且方向與甲爲對面乃命爲正速則等數



與前丑速諸數正負不同 設子丑二速方向同而對面之速爲負速則前所得等數正負俱可用 設所得午之等數爲負則相擊後二體必行於前速之對面方向 設丑爲○則乙爲靜體甲動擊之擊後面速等數如下

欲知甲所減速有等數如左

乙加速在甲行方向有等數如下

子少丑爲甲漸近乙之速即合速 設相擊之前甲乙對行則乙所加之速在甲方向綫上非後速大於前速乃對面綫上所消之速加於甲方向所生之速以甲言之擊後減速行於對面方向理亦同

甲所減之重速積等數如下

乙所加之重速積等數如下

所以乙所加之重速積等於甲所減之重速積即本力與對力等之理也

第四款 有二體凸力等正相擊已知擊前二速求擊後二速

如甲乙二質體對面相擊與子丑二速有反比例擊時二速消盡凸力復生後速令二體各行於對面方向綫上準第二款後速與前速之比同於凸力率與一之比命凸力率爲卑則有等數

擊後甲乙各以此二速返行設甲乙行於動面上面動與甲行方向同命其速爲未假如相擊之前甲乙有寅卯二速令等數爲 則相擊之後以在本面上言之二速之等數爲 乃命擊前之全速本速加減面速爲子丑擊後之全速爲氏房因甲全速爲本速與面速之和乙全速爲本速與面速之較故有等數

因相擊之後甲以未速前行又以甲乘寅返行乙以未速前行又加申乘卯返行故有等數

設二體擊前非同方向明其正負理亦同

甲減速等數

乙加速等數

此加減二速大於無凸力之加減以一加申與申之比爲較大率

甲體所減重速積乙體所加重速積相等其等數如左

故相擊前後甲乙重速積之和相等等數如下

由此而知擊前之速與擊後合速比例

欲知擊後合速有等數如下

設甲乙相等則相擊之後二全速等數如下

設擊前乙爲靜體則等數如下

第五款　設二體平力與凸力等求諸速如此前款等數內之凸力率必爲一則有等數

觀此等數知甲乙二體之速交相易

設乙體不動丑等於〇則其等數如左

然則甲乙若相等擊後甲不動而乙用甲速前行若甲小於乙則甲必返行而乙前行之速必小於甲之前速若甲大於乙則乙前行之速必大於甲之前速而甲必隨行其速小於前速　設有甲乙丙丁戊諸體平力與凸力等在一綫上俱不動甲以某速擊乙卽傳速於乙乙以甲速擊丙丙擊丁丁擊戊若各體大小俱等則擊

後各體俱定惟凡以甲速前行若各體俱前大於後乙大於甲丙大於乙則擊後各體所生之速必各小於前速乙速小於甲速丙速小於乙速而甲擊乙後甲必返行乙必前行乙擊丙亦然以下俱倣此若各體後大於前則擊後各體所生之速必各大於前速而各體相隨前行

第六款　甲球直傳速於丙球或由乙球傳速於丙球求較速　設命甲速為子準前款傳速於丙理有等數

甲傳丙速＝子／甲　乙傳丙速＝子／甲

命此速為丑則有等數

乙傳丙速＝丑／甲

乃列諸式於後若有一合於此則甲由乙傳速於丙必大於直傳速於丙

（甲上乙）（乙上丙）＝子／甲　（甲上乙）（乙上丙）＝子／甲

（甲上乙）（乙上丙）＜子／甲　（甲上乙）（乙上丙）＞子／甲

（甲上乙）（乙上丙）＜子／甲　（甲上乙）（乙上丙）＞子／甲

設乙少甲及乙少丙二數一正一負則有此式設乙體大於甲小於丙或小於甲大於丙則有此式如此則甲由乙傳速於丙大於甲直傳速於丙　設乙為甲丙之中率則由乙傳丙之速為最大可推算知之　設又有中率之體或置甲乙間為甲乙中率或置乙丙間為乙丙中率則傳速於丙必更大多置中率體可令傳速至極大之限其限可推算知之

第七款　設有全凸力之二體正相擊二質積各乘速方之數擊前與擊後必等　準前款有等數

甲球丁乙質＝甲球子乙質（甲子上乙速）

（甲子上乙速）＝乙（質丁丑）

子丁丑＝質丁乙

子上乙＝質上丑

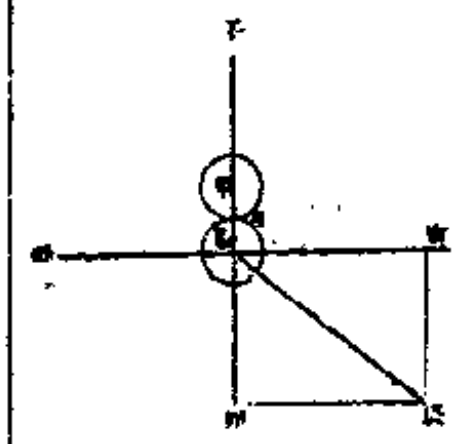
二等數相乘得等數如下

乙（質丁丑）＝（甲子丁乙）

乙（質上丑）＝（甲子上乙）

設非全凸力則擊前後二質積乘速方不等其較數可推算知之今不贅

第八款　設二體斜相擊其相抵二力之方向必直交二球面擊點即交點速之加減生於方向綫上與他綫無涉



如圖乙球平動於丑寅綫上至乙點時遇甲球從子甲綫上來擊之子甲直交丑寅相擊時子甲綫經過乙球心且直交二球面擊點即交點若而阻力不論二體所生加速減速俱在此綫上乙球丑寅綫上之速不能令凸面變平所以子

甲綫上生加速時一如乙球不動甲球擊之與丑寅綫上之速無涉準動理第二例甲所生於乙之速必并於乙本速（即丑寅綫上之速）乃取乙卯爲乙受甲擊之速取乙寅爲乙本速補成乙寅辰卯平行四邊形次作乙辰對角綫爲相擊後乙球之并速然則相擊時二體互相加減之速生於以擊點爲交點直交二球面之綫上而于此綫旁邊之動無涉此綫上之動理一如乙球無丑寅綫上之速也

第九款　有二體相擊已知方向亦知凸力及擊前速若干求擊後速

準前論兩球相擊時二重心聯綫經過擊點且直交於二球面　如圖子甲丑乙爲甲乙擊前二速率作甲乙聯綫直交二球面丙爲擊點即爲交點甲乙引長之成午庚綫作子午丑未二綫直交於午庚則子甲丑乙二速分爲子午午甲丑未未乙四速準前論子午丑未二速與相擊無涉故擊後與擊前同甲乙綫上加速減速一如二球僅有午甲未乙二速設二體擊前僅有此二速則擊後當取乙庚甲戊爲速因擊前尚有子午丑未二速故又作戊己庚辛二綫直交於午庚且與子午丑未等次作甲己乙辛二綫即爲甲乙二體擊後之速率因甲己乙辛二速中有戊己庚辛二分速與相擊無涉惟甲戊乙庚二分速爲甲乙綫上速乃相涉耳故已知相擊處則其理一言可明也

第十款　二球隨行於一直綫上求相擊在何處

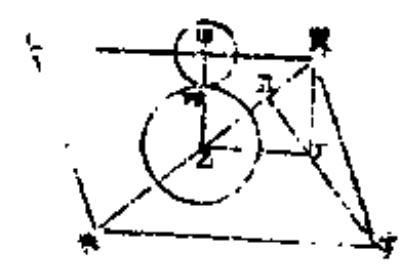
如圖甲在午乙在未取午申未酉爲速率擊時甲乙二點爲球心二半徑并爲甲乙綫爲已知之數因午甲未乙爲二球同時所過之路故有比例及等數

一率　午甲　午申少未酉
二率　未乙　午申
三率　午申　午甲少未乙
四率　未酉　午甲

已知三率可推午甲知甲點即知乙點爲二球相擊之處

第十一款　二球在一个平面用二速平動於二直綫上求相擊之處

如圖午寅未寅爲甲乙方向午寅爲甲速率未丑爲乙



速率作午未子寅平行四邊形作子丑綫取甲乙半徑和爲界寅爲心旋規作圓綫交子丑於丁乃作寅丁綫次作丁乙綫平行於寅午次作甲乙綫平行於寅丁則甲乙二點爲相擊時之二球心

故有比例

一率　未子　午寅　午甲

二率　乙丁　甲寅　午甲　未乙

三率　未丑　未丑　午寅　甲速

四率　乙丑　乙丑　未乙　未丑　乙速

所以乙球心至乙點時甲球心必至甲點甲乙等於寅丁爲兩心距所以相擊點必在丙　設分甲乙於丙則甲丙乙丙爲擊面離二心之綫擊面直交甲乙綫擊時必切二球面於丙　以寅爲心所作圓綫與子丑綫相交有二點當以近子之點爲丁點　設二球所行方向不在一箇面上擊點亦可推法略同

用代數術求相擊點如午寅未寅爲二方向午未爲動初之二點命二速午甲未乙爲角亢命午寅未角爲寅角命甲乙二半徑和爲壬二球俱向寅點行命寅午爲氐寅未爲房寅甲寅乙爲心尾等數如左

角時丁氐——心

亢時丁房——尾

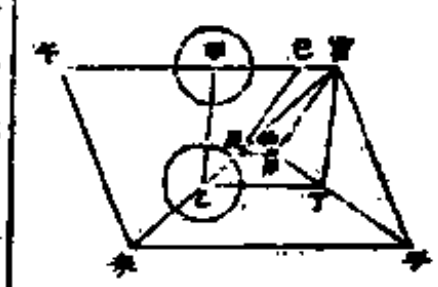
壬——[illegible]

則在擊點時等數如下

[illegible]

用代數推時刻開方必得二根當用根之小者即一球初相切之率此後二球必易方向故第二根不可用此術遇可推之題用之若二球方向不能漸近而相切則二根爲不可求之數而圓綫永不能交子丑綫此術不可用矣

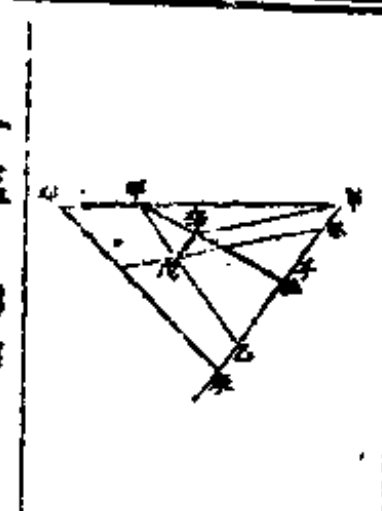
第十二款　設二球用二速平動於二直綫不能相切求二球最近距綫



如前作子丑綫又任作寅丁次作丁乙平行於寅午作甲乙平行於寅丁則二球心相距等於寅丁時甲乙二點必爲二球心寅丁愈小相距綫亦愈小乃作寅卯直交於子丑次作卯辰辰巳平行於午寅寅卯則辰巳爲最近距綫

二體動時無他能力加之但自生互相加減之速更有重心要理下款詳之

第十三款　設二體平動於二直綫重心亦必平動於一



如圖午申未申爲二直綫二體在甲乙重心在戊設乙體行至子甲體行至申重心行至己取乙丑等於子申則丑申等於乙子即有比例

一率 申甲
二率 申丑
三率 申甲 甲速
四率 子乙 乙速

惟甲速乙速二率爲定數故甲乙二體不論在何處甲申丑恆爲相似三角形兩腰之比例恆等乃取辛點令有比例如左

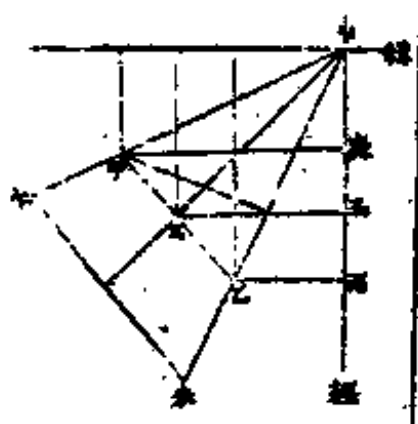
一率 甲辛
二率 丑辛
三率 乙速 甲戊
四率 甲速 乙戊

所以甲申辛三角變大變小恆爲等勢形辛點恆在辛申直綫上故戊辛平行於乙丑即有比例

一率 辛戊 辛戊
二率 乙丑 申子
三率 甲戊 乙
四率 甲乙 甲加乙 申子

故戊辛等於申己且平行而申辛戊己爲平行四邊形戊己亦等於申辛且平行故戊點所行必爲一直綫而戊己與申甲恆有定比例戊己或平加漸大或平減漸小一如申甲所以戊點之行爲平速設二體不在一个面上法略同

別有法明本款之理 設甲乙二球行於一直綫在己知時中距申點命爲角亢重心必在此綫上其距申點命爲氐甲乙俱平速命爲心尾初時距申點爲午未等數如左



然則初時重心距申之等數爲重心速之等數爲

設甲乙分行則不論何直綫在一个面上仍以心尾爲速法於面上過申點作經緯二軸甲綫交緯軸之角爲子角乙綫交緯軸之角爲丑角其交經軸之角爲寅角卯角則有等數

乃以甲之距軸綫　甲辛命爲天地
乙之距軸綫乙丙乙丁命爲人物重心
距軸綫戊壬戊癸命爲角亢分甲速爲

天地二速二速恒平行於經緯軸則有等數

設初時甲
距經緯軸
爲寅卯乙
距經緯軸
爲辰巳等
數如下

角亢
二綫
上有
平速
等數
如左

是重心速分
爲經緯二速
所以重心并
速亦爲平速
且方向必爲
一直綫

設甲乙分行不在一箇面上法當取經緯及垂綫三軸
分體合體各有三軸以爲重心及甲乙諸動之分速綫
則諸動既平全動亦必平也

第十四款　重心所行方向及速與二體相擊無涉

如甲乙二體在一直綫則相擊之前相擊之後重心恒
行於此綫上設擊前甲乙二速爲角亢擊後二速爲氐
房準前款擊前重心速等數如左

擊後重心速
等數如下

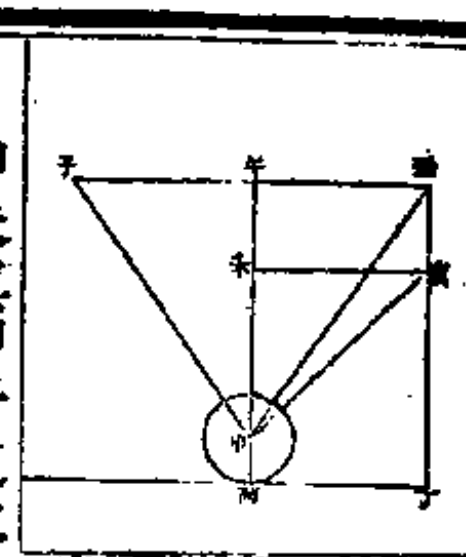
前等數亦等於後等數所以重心所行方向及速與相
擊無涉　設二體分行於二直綫在一个面上如前取
經緯二軸令緯軸與相擊之切面平行則緯速與相擊
無涉而諸經速一似無別速所以重心速亦不變因重
心速在經緯綫上仍不變故重心亦行於舊直綫與擊
前之速同也

論體面相擊

相擊之條有三第一曰正相擊第二曰斜相擊前款已言
之矣今論第三條爲體面相擊凡有凸力之體直擊於不
動之面擊後反行凸力之理與前同擊前擊後二動以前
速後速爲定率此定率與物之大小及木速無涉故斜擊
於面亦可推

第一款　有凸力體擊於面上已知凸力及擊前方向求

擊後反行方向抵力方向仍直交本面擊點即交點亦必經過體之重心



如圖丙丁爲面子甲爲前速率甲丙直交於丙丁丙爲交點即爲擊點作子午綫直交於甲丙則分子甲速爲子午午甲二速子午速不用因相擊時面阻力甚微故也回速率爲甲未甲未與甲午之比如凸力率與一之比設取未寅與子午等直交甲未則後速之分率爲甲未未寅并率爲甲寅即爲後速大小方向率　設前後速等則引子午綫至丑令午丑等於子午而後速率爲甲丑　體行方向綫與面所成之角前爲原角後爲回角若全凸力其前後速等則原角與回角亦等　設非全凸力二角不等如圖子甲午爲原角寅甲未爲回角則有比例

一率　子甲午正切

二率　寅甲未正切

三率　甲午除子午　甲未

四率　甲未除寅未　甲午

因寅未與子午等故又有比例

一率　子甲午正切

二率　寅甲未正切

三率　甲午除子午　甲未

四率　甲未除寅未　甲午

試作寅丑聯綫必平行於甲午則有比例

一率　丑甲

二率　甲寅

三率　丑寅甲正弦　寅甲午正弦

四率　甲丑寅正弦　丑甲午正弦

若後速率爲丑甲等於子甲丑甲午角又等於子甲午角則有比例

一率　前速

二率　後速

三率　丑甲午正弦

四率　子甲午正弦

設體無凸力且擊面甚平則擊後必以橫速行於面上亦有比例

一率　前速

二率　後速

三率　子甲　一

四率　子午　甲子午餘弦即原角正弦

假如有甲乙六小二體凸力等甲正擊乙擊後甲不行求二體大小之比

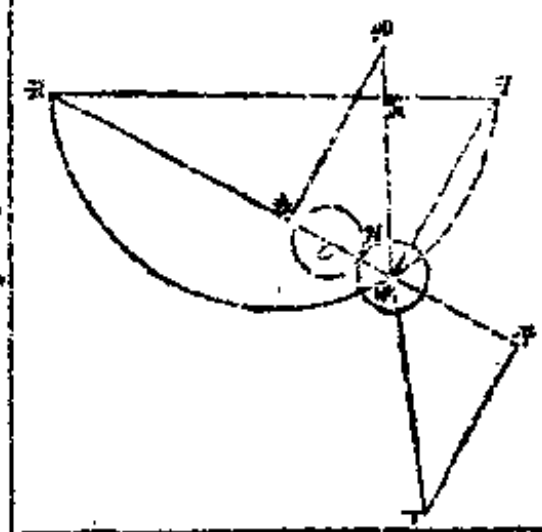
欲令此數等於無必有下式

即有比例如下

一率 甲
二率 乙
三率 凸力
四率 一

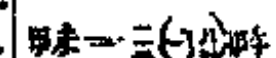
此題不論甲速

假如有甲乙二體全凸力等甲斜擊乙乙無前速擊後反行欲令至子丑二點試求其理



如圖自丑點至乙球心作丑乙聯綫引長之過擊面丙點至午若擊後欲令乙行於乙丑綫則相擊必在丙點故擊時甲球心亦必在丑乙引長綫上丁甲爲甲球前速率作丁午綫直交於丑午因甲乙全凸力相等擊時甲球之午甲分速消盡故擊後止存丁午分速若甲子直交於甲丑則擊後甲球必行於甲子綫因子甲丑爲直角二球能至之處必在丑甲子半平圓界上故也 設二球俱極小則乙球未動時其所在幾近於半圓界

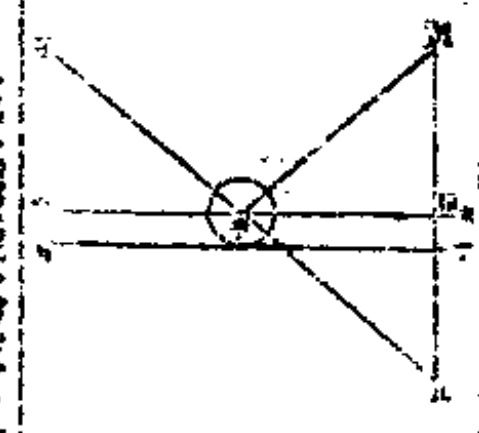
假如有甲乙二球相等凸力不全甲斜擊乙擊後欲令甲乙至寅丑二點試求其理 如前圖丁甲爲甲前速率擊時甲球心在丑午綫上已知午甲爲丑午綫上前分速即可推甲未爲丑午綫上後分速等數如左



作未卯與丁午等直交於甲未次作甲卯聯綫即甲球擊後方向 若欲求甲丁方向令甲經過寅點則先作甲寅綫於此綫上取卯點作卯未綫直交於甲丑次取甲午令有等數 乃作午丁等於未卯且直交於甲午次作丁甲綫即甲球擊前當行之綫甲球擊時必在丑寅爲徑所作半平圓周之外不然則不能也

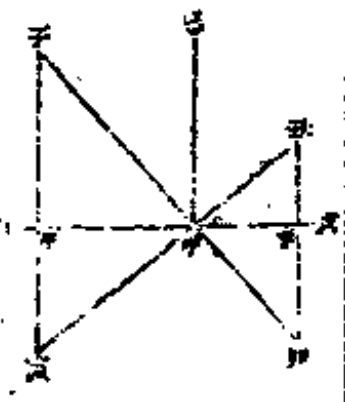
假如有全凸力體從子點斜擊午未面令回至寅點擊前當行何綫

如圖午未爲面作寅卯直交午未引長至丑令卯丑等於寅卯作丑子交午未於甲則子甲即擊前當行之綫作甲寅聯綫則寅卯甲與丑卯甲爲相等兩三角形故



子甲午角等於丑甲卯角亦等於寅甲卯角蓋原角等於回角甲球擊前行於子甲綫擊後必回行於甲寅綫而至寅點也　此題球卽如點若非甚小則取丙丁爲面作午未平行綫二綫相距爲球之半徑則午未一如爲球心所擊而回行之面

假如有球非全凸力從子斜擊於面回至丑點行於何綫如圖丁戊爲面作丑未直交於丁戊引長至卯令有比例



一率　未卯
二率　未丑
三率　一
四率　凸力

乃作子卯綫交丁戊於甲則子甲爲擊前所行綫作甲丑綫卽擊後所行綫又作甲己綫直交於面分子甲丑角爲二角則有比例

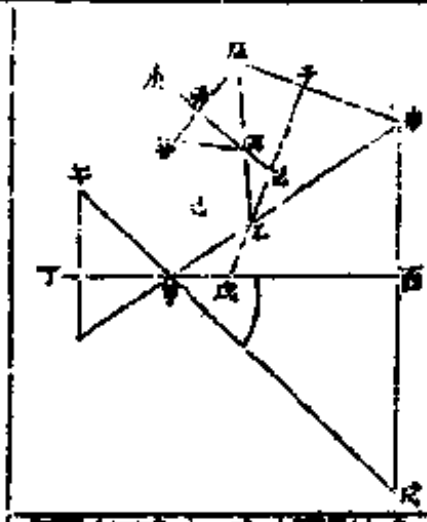
一率　子甲己正切
二率　丑甲己正切
三率　甲卯未正切　未卯除甲未　未丑　凸力
四率　甲丑未正切　未丑除甲未　未卯　一

故擊前行於子甲擊後行於甲丑若作子午直交丁戊引長之亦引長丑甲交於寅則有比例

一率　子午
二率　午寅
三率　卯未　一
四率　未丑　凸力

有此比例故甲點所在可推　若球非甚小如前圖作一平行綫推之

假如有球己知凸力率斜擊於面回行時依次遞擊多面亦己知多面之方向末行至丑點欲求其初行綫



一率　丑卯
二率　卯辰
三率　凸力
四率

如圖丁戊戊己己庚爲諸面球從午擊於丁戊面甲回行擊於戊己面乙又回行擊於己庚面丙又回行至丑乃作丑卯綫直交於己庚面引長至辰令有比例

次作辰子綫直交於戊己面引長至申令有比例

一率　辰子　次作申酉綫　一率　申酉

二率　子申　直交於丁戊　二率　酉戊

三率　凸力　面引長至戊　三率　凸力

四率　一　令有比例　四率　一

末作午戊聯綫即球初行方向綫午戊交初面丁戊於甲

作甲申交二面戊己於乙作乙辰交三面己庚於丙作丙丑

準前論球行午甲綫擊於初面必回行於甲申球行甲

申綫擊於二面必回行於乙辰球行乙辰綫擊於三面

必回行於丙丑即求得子甲乙丙丑爲球所行之綫

若爲全凸力則丑卯與卯辰等辰子與子申等申酉與

酉戊等　此題任有若干面理俱同

重學卷九終

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論平加速及互相攝引之理

凡動體行於直綫平加能力則漸加速其加速之比同於初動後所歷時刻之比（此與入卷三款論漸加力可互相證明）速與時雖變大變小而比例不變恆以時率中所生速爲力率故有等數

動速 此時力初動以後所積之時

長加力之理最易明者是令物行於直綫之平長加力推之有二事一物如何動一所推之理何者合何者不合 下論平漸加速乃物行於直綫平加能力而增速

第一款 動體行於直綫平加能力所過之路與所歷之時自乘方恆有比例

若干時中初動之速爲〇以漸而大至末速而最大設用末速而動仍行若干時所過之路必大於本款之路

設將全時分爲實數相等時分令實數內分等於全時則知各時末之速設此諸小速各時分中初至末不變則以各時乘各速即當過之路也

設時分爲秒欲知初秒二秒三秒四秒各末速乃至實秒末速即以力乘秒爲初秒末速二力乘秒三力乘秒四力乘秒乃至實力乘秒爲二秒三秒四秒至實秒之末速

設各秒中速俱爲平速則力乘秒方爲初秒中所過路二力三力四力乃至實力各乘秒方爲二秒三秒四秒及實秒中所過路而各路之和有等數

（實 1 2 3 4 … 1）力秒 — 各路和

$\frac{(1+2)\text{力秒方}}{2}$

$\frac{\text{實力秒方}}{2}$

$\frac{(\text{實}+1)\text{力秒方}}{2}$

因秒乘實等於全時故也

$\frac{(\text{實}+1)\text{力秒方}}{2}$ — 路和

各秒中實所過路必小於今求得之路因今所用速爲各秒之末速故也所以眞全路必小於今求得諸小路之和故有下式

時分愈小則分數愈多依各時分平速求得所過路與

實所過路必愈近時分小至無窮分數多至無窮則逐秒平速各小路和必漸近於眞全路故有左式

$$\text{全路}=\frac{\text{秒平速}_{\text{末}}+\text{秒平速}_{\text{初}}}{2}$$

二者幾相等也

分數多至無窮則實爲甚大之數 時 已等於無故有左式

$$\text{全路}=\frac{\text{力}(\text{全時}-\text{時})}{2}$$

所以平加速路與時方比例恒同 此款有二等數

$$\text{速}=\frac{\text{力}\,\text{時}}{2}$$

$$\text{路}=\frac{\text{力}\,\text{時}^2}{2}$$

故路速時力四者已知其二則餘二亦可知各有等數

$$\text{速}=\frac{\text{力}\,\text{時}}{2}\qquad \text{路}=\frac{\text{力}\,\text{時}^2}{2}$$

$$\text{時}=\frac{\text{速}}{\text{力}}\qquad \text{路}=\frac{\text{速}^2}{2\text{力}}$$

$$\text{速}=\sqrt{2\text{路}\,\text{力}}\qquad \text{時}=\sqrt{\frac{2\text{路}}{\text{力}}}$$

$$\text{力}=\frac{\text{速}^2}{2\text{路}}\qquad \text{力}=\frac{2\text{路}}{\text{時}^2}$$

因路等於時速相乘積之半又因時乘速爲時中用本速所過之路所以初動以後漸加速所過之路等於同時中用末速爲平速所過路之半謂自始至終恒用末速有如力爲初秒中所得之速則初秒中路等於半力寅數秒中所過之路及寅數少一秒中所過之路等數如左

$$\text{寅秒末速}=\text{力}(\text{寅})$$

$$\text{寅}-1\text{秒路}=\frac{\text{力}(\text{寅}-1)^2}{2}$$

$$=\frac{\text{力}(\text{寅}-1)(\text{寅}+1)}{2}$$

兩數相減得末秒中所過路

$$\text{末秒路}=\frac{\text{力}(\text{寅}+1)}{2}$$

$$=\text{半力}(\text{寅}+1)$$

即可推諸秒路差率

列表如下

一秒——半力一

二秒——半力三

三秒——半力五

四秒——半力七

故諸秒之路率爲一三五七諸奇數

第二款 有質體以某速拋於空中別有能力長加於同方向綫上求路時速諸率

凡物任在何點以某速行此點後速必等設本無拋速而此速爲長加力所生亦同如物於亢秒中因長加力生角速於氐路角速乃氐路之末速即同拋速而長加力復令於房秒過心路統計之是物於亢房秒中共過氐心路以前款證之亦即某力以某時生某速於某路也但今後時加前時故後路加前路有等數

$$\text{速}=\text{力}\,\text{時}$$

$$\text{末}\,\text{心}=\frac{\text{力}}{2}(\text{元}\,\text{時})^2=\frac{\text{力}}{2}(\text{元}^2+\text{元}\,\text{時}\,\text{末}\,\text{速})$$

$$\text{末}\,\text{速}=\text{末}\,\text{元}$$

$$\text{心}=\frac{\text{力}}{2}(\text{元}\,\text{時}\,\text{末})=\text{力}\,\text{元}\,\text{時}+\frac{\text{力}}{2}\,\text{時}^2$$

$$\text{角}=\text{力}\,\text{元}$$

$$\text{心}=\text{時}\,\text{角}+\frac{\text{力}}{2}\,\text{時}^2$$

房乘角爲物用平速（即同拋速）角在房秒中當過之路半力乘房方乃同時中物爲長加力所生當過之路兩數相併即物用二速在房秒中所過之路也設房秒末速爲尾則有等數

$$\text{尾}=\text{力}(\text{房}+\text{角})$$

$$=\text{房}\,\text{元}+\text{角}\,\text{加}$$

$$=\text{角}\,\text{加}$$

故凡幾秒以後之速等於拋速并長加力所生之速也

因速方等於二力乘路故又有等數

$$\text{尾}=\text{二}\,\text{加}(\text{末}+\text{心})$$

$$\text{尾}=\text{二}\,\text{力}\,\text{末}$$

$$\text{尾}^2\text{房}=\text{二}\,\text{力}\,\text{心}$$

$$\text{尾}=\text{房}+\text{二}\,\text{力}\,\text{心}$$

第三款　物以某速拋於空中別有能力加於對面方向縱上則路時速諸等數與前款同但正變爲負

如此則長加力必令動體減速所歷之時等所減之速亦等因長加力爲平加故也歷若干時速減盡物必定定以前漸減之速與前款漸加之速同所過之路從時末起算與前款從時初起算同　如物用角速行於元秒中當過倍氏路爲對面長加力所消僅得氏路且速適消盡而定設末滿元秒當房秒末應過若干路命其路爲心從動末推之則元少房時中必經過氏少心路有等數

$$\text{氏}=\frac{\text{力}}{2}\,\text{元}^2$$

$$\text{氏}+\text{心}=\frac{\text{力}}{2}(\text{元}+\text{時})^2$$

$$=\frac{\text{力}}{2}(\text{元}^2+\text{元}\,\text{時}\,\text{末}+\text{時}^2)$$

$$\text{心}=\frac{\text{力}}{2}(\text{元}^2+\text{元}\,\text{時}\,\text{末}+\text{房})$$

$$=\text{力}\,\text{元}\,\text{時}+\frac{\text{力}}{2}\,\text{時}^2+\text{房}$$

$$\text{角}=\text{力}\,\text{元}$$

$$\text{心}=\text{房}+\text{角}\,\text{時}+\frac{\text{力}}{2}\,\text{時}^2$$

則若干秒中所過之路等於拋速當過之路少同時長加力所生當過之路故幾秒末之速等於拋速少長加力所生之速

論地心攝引物依垂綫下墜之動

近地諸物爲地心所攝引而下墜爲平加力漸近地心則漸加速此由測驗而知故空中若無風氣等阻力則物下墜時無論體之大小質之輕重地心攝引力必以漸而加（時分爲率地力爲定力）此理自伽離略發之今則人人皆知測驗之法或用輪軸或用大重下墜令小重上行或令物下於斜面或用擺而用擺尤妙因其動緩便於測驗也用諸法測

之知攝力之漸加率爲定數

擺之時刻由於物行弧綫之速物行弧綫之速由於物空中下墜之速（詳下卷）因測驗擺速合於地力爲定力當生之速知所論地力爲定力乃確不可易

論物向地心之理

凡物不論大小輕重向地心而下遲速必同羽毛微塵向下遲者爲風氣所阻也若無風氣當與金石同速故將一大體分爲十小體各小體下墜速必同即以小體與大體同墜速亦同

物下墜一秒中過若干尺寸須測驗而知其法莫妙於用擺設一秒中擺適往回一次知擺之長短便知一秒中物之下墜當有若干尺寸如倫頓北極出地五十一度半物於無風氣空中下墜一秒中過一百三十七寸又千分寸之九百五十七一秒中所生之速能令物於每秒中徑過二百七十五寸又千分寸之九百十四此一秒中地力生速之率以長加力言之亦同故地力爲長加力

假如物下墜歷二秒半當過若干路生若干速　前論中所言速率即力也有等數

求得八百六十二寸又十萬分寸之二萬三千一百二十五即路也六百八十九寸又千分寸之七百八十五即速也

假如物以一百尺之速上行當過若干路而定至最高當歷若干時　準前物下墜過若干路所生之速等於今上行之速而上行之路即等於下墜生此速時當過之路有等數

速力	路
一	二〇〇〇〇〇〇 五五一八二八
一	一八一二一五八九

上行與下墜時刻亦同故有等數如下

準分	時
一〇〇〇	一二三五九四四
一	一六二四三一六

求得一千八百一十二寸又萬分寸之一千五百八十九即路也三秒又百萬分秒之六十二萬四千三百十八即時也

假如物以一百尺之速上行歷二秒過若干路　等數如左

求得一千四百四十八寸又千分寸之一百七十二即井口至水面路也

假如將石下墜井中歷若干秒聞水聲求水面離井口若干聲之行為平速不論風氣阻力一秒中行一千一十七尺或言一千十四尺或言一千十八尺入寸須考準用之方得密合命聲速為千井口離水面為未則有等數

$$\text{不過未時} = \frac{\text{未}}{\text{地力}}$$

$$\text{聲過未時} = \frac{\text{未}}{\text{午}}$$

$$\text{時} = \frac{\text{未}}{\text{地力}} + \frac{\text{未}}{\text{午}}$$

$$\text{未} = \text{時} + \frac{\text{未}}{\text{地力}} + \frac{\text{未}}{\text{午}}$$

$$\text{未} = \text{午時} + \left(\frac{\text{午}}{\text{地力}} + \text{午時}\right) = \text{未}$$

$$\text{未} = \text{午時} + \left(\frac{\text{午}}{\text{地力}} + \text{午時}\right) + \frac{\text{午}}{\text{地力}}$$

因正不合當用負數

地力除聲速得三十七弱故有等數

設時為三秒則其等數如下

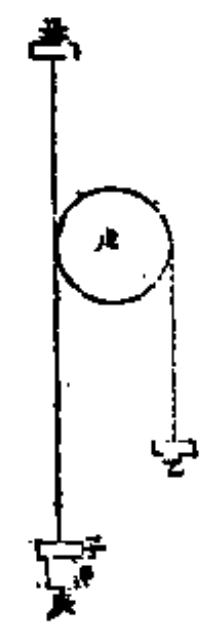
$$\text{未} = \text{午}\left(\text{四〇丁} - \frac{\text{一}}{\text{二五九一}}\right)$$

$$= \text{午}\left(\text{四〇丁三九八九}\right)$$

$$= \text{午}$$

求得一百十一尺又百分尺之八十七即井口至水面深也

第一款 有大小二重懸於定滑車欲求一邊下行長加力滑車及索之阻動率不論



如圖戊為滑車甲加于為庚重設庚重等於乙重則二重適定若庚重大於乙重則庚乙之較為速之根二重之動其速同故庚加於乙為全動質有等數

$$\text{長加力} = \frac{\text{庚乙總數}}{\text{庚乙中定數}}$$

$$\text{長加力} = \frac{\text{庚乙總數}}{\text{庚乙中定數}}$$

設無乙重則長加力即地力地力即定數故他題可以下式代上式

前款所言長加力速率路率時率以長加力為地力則物向地心下墜之諸率俱可推也

假如庚為八十一兩乙為八十兩求一秒中所過之路及所生之速各若干等數如左

$$\text{路} = \frac{\text{庚乙總數}}{\text{庚乙中定數}}\text{地力時}^2$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

$$= \text{一秒中所過之路}$$

求得百萬分寸之八十五萬六千八百七十六，即路也。一寸又十萬分寸之七萬一千三百七十五，即速也。

設將乙置於地平几上，以索聯庚庚懸几邊，則乙動者，爲庚全重，而非庚乙之較，二體同速，一如一箇質體，其長加力之等數如左。

乙長加力 — 庚長加力

論物動於斜面

物行於斜面之理，兩面必俱係純光，故物動時相切而行，非旋轉而下。雖球體亦然，若面阻力，令球體轉下，則長加力亦略變矣，詳見後。

第一款　有質體行於斜面，求長加力。

有比例如左。

一率　平行斜面能力

二率　所載質重

三率　斜面股

四率　斜面弦

設物斜行空中，亦以重乘股爲實，弦爲一，爲令物行於斜面之抵力。凡物下墜，所動之全質，即本重也。準前款有等數，加入地力，則等數如下。

長加力 = 股地力 / 弦

長加力 = 股弦 / 重力

時 = √(二弦 / 股地力)

速 = 二力時 / 股地

速 = √(二股地力)

弦 = 股地力 / 二

時 = 二弦 / 地力股

速之等數，用股與弦無涉，故不論在何面，或斜或垂，若股之長短等，垂面股與弦合，則下行之速亦等也。傅蘭雅略初語此理尚未得其證。

設交於地平之角命爲甲角，有等數。

前路時速諸等數中長加力，可以此數代之。

股 = 弦正甲

斜長加力 = 地力 × 弦正甲

假如有斜面弦長十尺，股一尺，求物下行時刻及速等數如左。

求得二秒又千分秒之六百九十二即時也七十四寸又千分寸之二百八十五即速也

$$時=\frac{二速}{地力股}=\frac{二〇〇}{四一九五七三}$$

$$=七二四八六三五$$

$$時=二六九二$$

$$速=二地力股=五五一八二六$$

$$速=七四二八五$$

假如有句股形股爲垂綫句爲地平物自股下墜復以末速行於句欲令時刻與弦上斜行之時刻等句股當有何比例等數如左

$$弦上股=弦$$

$$股時=\frac{二股}{地力}$$

$$股速=二地力股$$

$$句時=\frac{句}{二地力股}$$

$$弦時=\sqrt{\frac{二(股上句)}{地力股}}$$

$$\frac{二(股上句)}{地力股}=\frac{股}{地力}+\frac{句}{二地力股}$$

$$二(股上句)=二股+二句+句$$

$$句股上時=四股上時+四股句上時$$

$$三句=四股$$

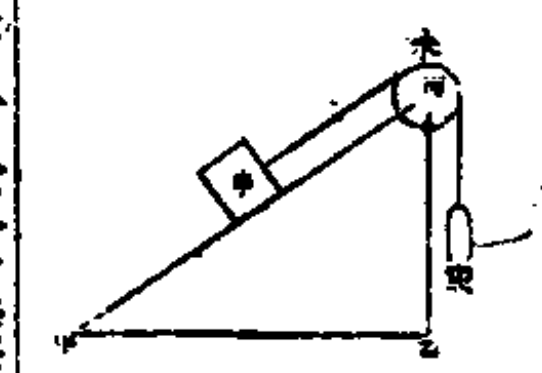
一率股句

二率句 句冪加股冪平方開之 求得句股形三邊之比例爲三四五

三率三四

四率四五

第二款 以重引重令行於斜面求長加力



如圖甲丙爲斜面有申重在其上申未索平行於斜面遞滑車丙有寅重在丙下垂設有等數與寅重則申寅皆不動設寅重略大於此數則必引申重上行於斜面設寅重略小於此數則寅重必上行而申重下行於斜面無論上下行長加力恆爲定數若寅引申上行則寅定申之能力即$\frac{寅}{申}$弦令寅申動之能力爲$\frac{申股}{寅股}$弦因二重之速同故長加力可以此數代之有等數如左

$$長加力=\frac{寅弦上申弦}{寅上申}地力$$

$$=\frac{寅弦上申股}{寅弦上申弦}地力$$

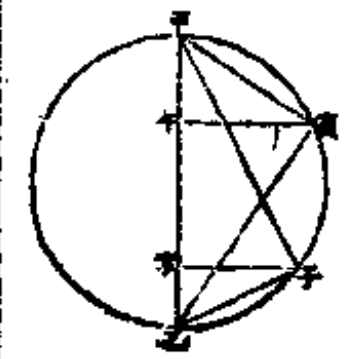
假如用此款數求寅引申上全斜面當歷若干時等數如左

$$弦=長加力時二$$

$$弦=\frac{寅弦上申弦}{寅弦上申弦}地力時二$$

$$時=\sqrt{\frac{二(寅上申)弦}{地力(寅弦上申股)}}$$

第三款　設平圓面直交地平自頂點至圓界作諸通弦則物任於何通弦下行自頂點至末點時刻俱等



如圖甲子乙爲圓面甲乙爲重徑甲子甲寅皆爲通弦有等數

甲子時：甲子末 = 甲子時：地力

甲子末：甲乙 = 甲子：甲乙

甲子末：甲子時 = 甲乙：地力

然則通甲子時刻與甲子長短無涉故不論何通弦時刻俱等也甲子時刻等於各通弦時刻亦等於甲乙時刻蓋甲乙亦通弦也若自底點乙作乙子乙寅諸通弦理亦同

準此款之理又有等數

甲子：甲乙 = 甲乙：甲寅

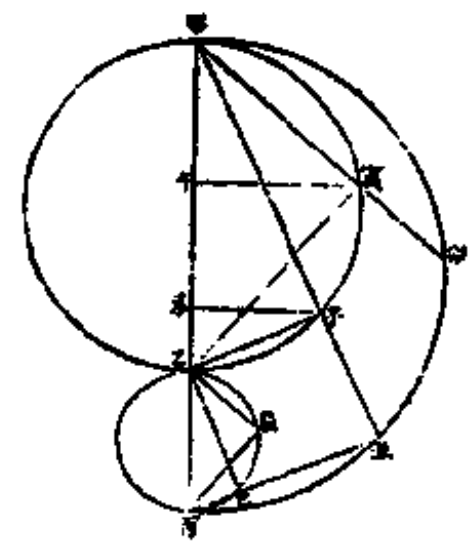
甲子：甲乙 = 地力：甲乙

甲子：甲乙 = 地力：甲乙

甲子：甲乙 = 地力：甲乙

則地力與甲乙俱爲定數所以甲子甲寅諸斜面上所得之速與通弦恆有比例

第四款　設有大小二平圓垂面頂點合一兩全徑在一垂綫上自頂點過小圓界至大圓界作二大通弦中函二小通弦物自二小通弦末點行至二大通弦末點時刻俱等

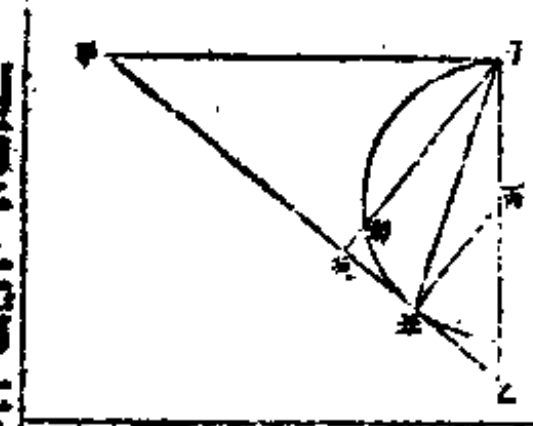


如圖甲子乙甲丑丙爲二平圓甲乙甲丙爲二全徑甲丑甲卯爲二大通弦中有甲子甲寅二小通弦物自寅子二點至卯丑二點時刻必等試於乙丙綫上作乙辰丙圓又作丙丑綫交圓綫於巳作乙巳綫則有甲子乙甲丑丙乙巳丙三句股形子乙與丑丙平行甲丑與乙巳平行所以子乙巳丑爲平行四邊形而乙巳與子丑等故物行於子丑時刻等於乙巳時刻準此作乙辰綫平行於寅卯兩綫時刻亦必等而乙巳乙辰時刻本相等故子丑寅卯時刻亦相等　若大小二平圓底點合一自底點作大小諸通弦物行於諸通弦之較時刻亦俱等

論諸斜面最遲最速之理

設有諸物俱自一點起或俱自直綫起或俱自圓綫起行至一點或行至直綫或行至圓綫諸面遲速不同各求其最遲最速面

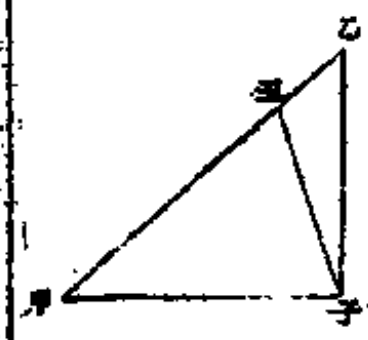
假如從子點起行至甲乙直綫上何面最速



如圖從子點作子甲綫平於地平又於甲乙綫上取甲丑等於甲子作子丑綫即最速面也

解曰試作子丙垂綫次作丙丑綫直交甲乙因甲丑等於甲子故甲丑子甲子丑二角等而甲子丙甲丑丙同爲直角則丙子丑丙丑子二角亦等丙丑丙子二綫亦等以丙爲心子爲界作圓半周必經過丑點丑爲同綫切於甲乙之點子爲最高點作子寅綫交圓綫於卯準前款子卯時刻等於子丑時刻而子寅時刻大於子卯時刻亦必大於子丑時刻然則從子點任作他綫至甲乙綫上其時刻必大於子丑故子丑爲最速面

假如從甲乙直綫上行至子點何面最速



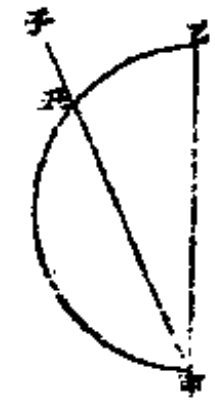
如圖作子甲綫平於地平次於甲乙綫上取甲丑等於子甲作丑子綫即最速面也

解同前題

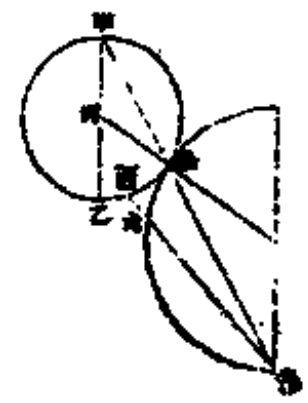
假如從圖綫外某點起行至圖綫上何面最速

如圖從圖綫底點甲至某點子作甲子聯綫此綫在圖外之子丑一段即最速面也

解見下題

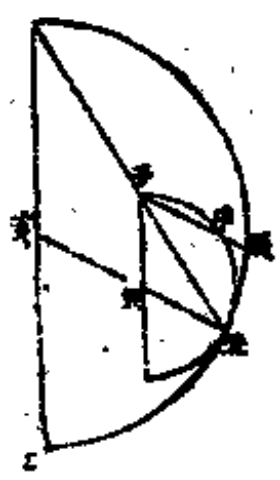


假如從圓綫上行至圓綫外某點何面最速



如圖從圓綫頂點甲至某點子作甲子聯綫此綫在圓外子丑一段即最速面

解曰甲乙爲圓垂徑丙爲圓心試作子寅垂綫次作丙丑綫引長之交子寅於寅則寅子丑丑甲丙丙丑甲寅丑子四角俱等寅子寅丑二綫亦等以寅爲心子爲界作子丑弧必與甲丑乙圓綫相切於丑點作子酉綫交弧綫於戌準前款丑子時刻等於戌子時刻而酉子時刻大於戌子時刻則亦大於丑子時刻從子點任作他綫皆然故子丑爲最速面



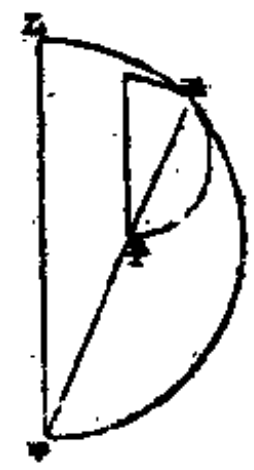
假如某點在圓綫內行至圓綫何面最速

如圖從圓綫頂點甲至某點子作聯綫引長之至圓綫丑子丑一段即最速面

解曰試作子寅垂綫次自圓心丙

作丙丑綫交于寅於寅乃以寅爲心子爲界作子卯丑弧必切圜綫於丑點任作子辰綫交弧綫於卯準前款子卯時刻等于子子丑面子辰時刻大於子卯亦必大於子丑故子丑面最速

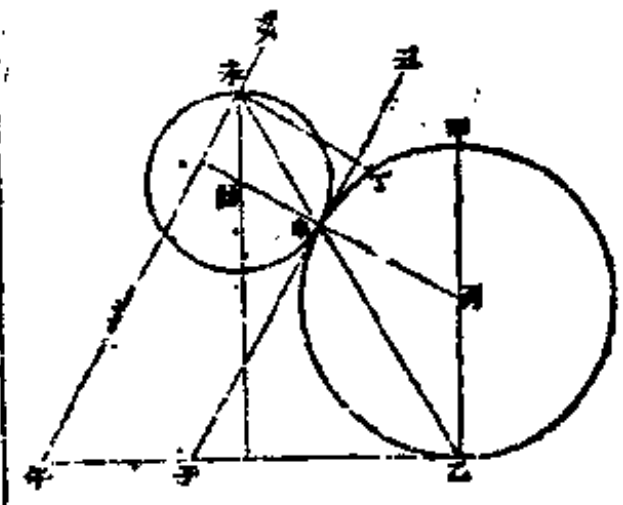
假如從圜綫上行至圜內某點何面最速



如圜從圜綫底點甲至某點子作聯綫引長之至圜綫丑丑子一段卽最速面

解同上題

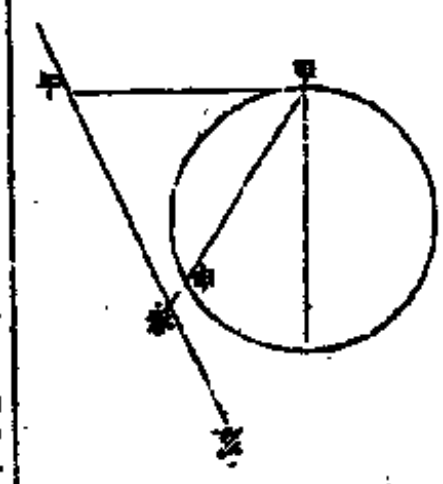
假如圓外有午亥直綫從直綫上行至圜綫上何面最速



如圜從圜綫底點乙至直綫作乙午地平綫次於直綫上取午未等於乙午作未乙聯綫圜外未申一段卽最速面也

解曰試自未點作未酉垂綫次自圜心丙作丙申綫引長之交垂綫於酉乃以酉爲心未爲界作申未弧必與圜綫相切於申點未酉申申酉乙爲等勢兩三角形丙申等於丙乙故酉未等於酉申凡頂點在午亥綫上作弧與圜綫相切其半徑以未酉爲最小試過申點作子丑綫平行於午亥卽顯頂點若不在未未申弧卽與圜綫相離必展大其半徑作弧方能相切故未酉爲最小半徑又準前款任作未丁綫時刻必大於未申故未申面最速

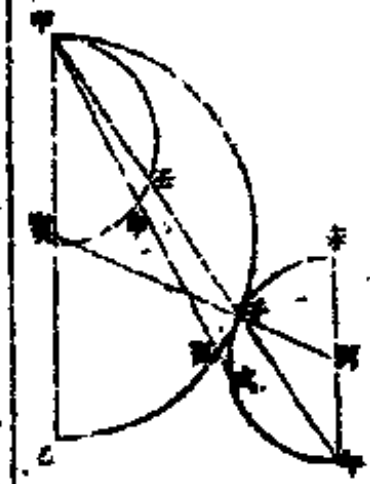
假如圜外有午亥直綫從圜綫上行至直綫上何面最速



如圜從圜綫頂點甲至直綫作甲午綫平於地平次於直綫上取午未等於甲午作甲未聯綫圜外申未一段卽最速面也

解同上題

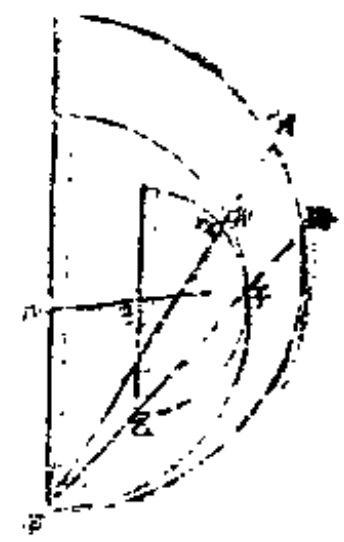
假如物自上圜綫斜行至下圜綫何面最速



如圜從上圜頂點甲至下圜底點午作聯綫中間子丑一段卽最速面

解曰準本款第四題從子點作子丑速面引長之必經過圜綫最高點甲圜綫各點至子點時刻以此面爲最小試自午子未圜心丙點作丙子綫引長之交甲乙於寅寅甲等於寅子以寅爲心甲爲界作甲子乙半圜周又準前款任作甲申申酉戌綫則丑子時刻等於申酉必小於申戌故丑子面最速

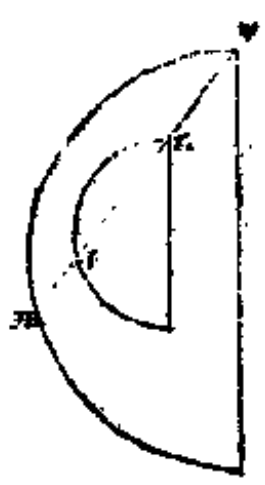
假如物自外圜綫行至內圜綫何面最速



如圖自外圓底點甲至內圓底點乙作聯綫引長之至外圓界丑則內圓外丑子一段即最速面

解曰試自子點至內圓心己作聯綫引長之至外圓垂徑戊點乃以戊爲心甲爲界作甲卯弧必經過子點作甲寅綫則丑子與寅卯時刻等而寅辰大於寅卯即大於丑子自甲點任作他綫皆然故丑子爲最速面

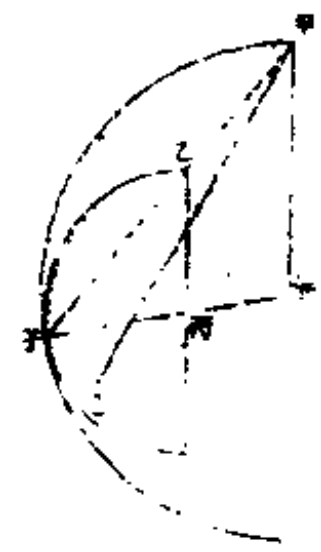
又解曰試自丑點至外圓心丁作聯綫交內圓垂徑於丙乃以丙爲心乙爲界作乙丑弧必經過丑點作乙申綫則未午與丑子時刻等而申午大於未午即大於丑子自乙點任作他綫皆然故丑子爲最速面



假如從內圓綫行至外圓綫何面最速

如圖自外圓頂點甲至內圓頂點乙作聯綫引長之至外圓界丑則內圓外子丑一段即最速面

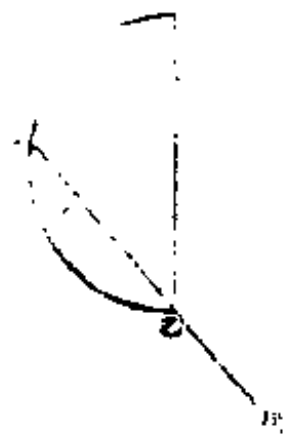
解見上題



假如從圓綫外某點行至圓綫何面最遲

如圖自某點甲至圓頂乙作聯綫引長之至圓界子甲子即最遲面

解曰試自甲點作垂綫次自子點至圓心丙作聯綫引長之遇垂綫於丁乃以丁爲心甲爲界作甲戊弧必經過子點任作甲戊綫與甲子時刻等則甲己時刻必小於甲子自甲點任作他綫皆然故甲子爲最遲面



假如從圓綫上行至圓外某點何面最遲

如圖自圓底乙至某點甲作聯綫引長之至圓界子甲即最遲面

解同上題

假如彼圓綫在此圓綫外從此圓綫行至彼圓綫何面最遲

如圖從此圓綫底點甲至彼圓綫頂點乙作聯綫兩端俱引長之至圓界子丑一點子丑即最遲面

解曰合上二題觀之理自明

設有兩點可作地平面則最遲面不能求因遲面漸近地平時刻漸加必大至無窮故不可求

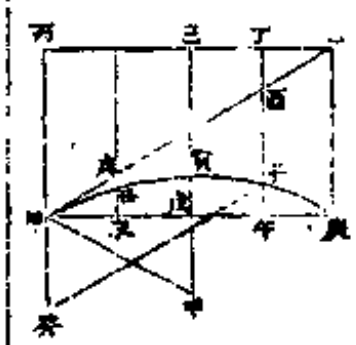
設兩圓綫相交則最速面不能求因速面之兩端漸近交點時刻漸減必小至無窮故不可求

83册 91/92

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

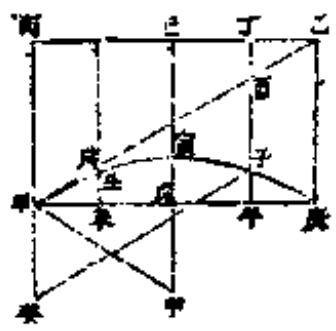
論拋物之理

凡物拋於空中除垂綫外任何方向爲地心力所加必令物行於曲綫此曲綫可以前八卷中之理論之



如圖甲乙爲拋物方向綫不論何速設若干秒中依平速當行至酉又設物在甲時爲地力攝引同時刻中當行至癸合此二速必令物行至于準動理第三例甲癸必等於酉子且平行由此可見拋物必行於垂面

第一款　從某點將物拋出以某速行於某綫求地平面上拋綫界



如圖甲爲某點甲乙爲拋物方向甲子庚爲拋物綫甲庚爲地平面上拋綫界　若干秒中準拋力平速當過甲乙路準地力漸加速當過乙庚路故有等數

設時刻略小令物在曲綫上過甲子路則用酉子午垂綫有等數

甲乙——時速

乙癸——$\frac{\text{地力時}}{2}$

乙庚——甲乙正弦

$\frac{\text{地力時}}{2}$——時速正弦

時——$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{地力}}$

甲乙——$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{地力}}$

甲癸——甲乙餘弦

甲庚——$\frac{\text{速甲正弦餘弦}}{\text{地力}}$

甲庚——$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{地力}}$

甲酉——時速

酉子——$\frac{\text{地力時}}{2}$

子午——酉午丁酉子

子午——時速甲正弦$\frac{\text{地力時}}{2}$

甲午——時速甲餘弦

設時等於甲子庚時之半寅爲物所在則有等數

時——$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{地力}}$

寅戊——$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{地力}}$　$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{二地力}}$

寅戊——$\frac{\text{速甲正弦}}{\text{二地力}}$

設時刻小於半原時或大於半原時原時即甲子庚時則以時刻與半原時相較餘以半原時除之得數命爲元有等數

以前等數證之亢若爲〇則時等於過甲子庚路之半

由此見拋物綫上寅點離地平最遠恰當全時之半

亢若同不論或正或負子午恒同故子丑二點在最高

寅點兩邊離寅點等自寅至二點時刻亦等二點離地

平綫亦等戊午戊未路亦等所以甲寅寅庚爲等長且

等勢綫

第二款　從某點將物拋出求斜面上拋綫界

如圖甲爲某點甲乙爲拋物方

向甲丑爲斜面乙庚爲經過界

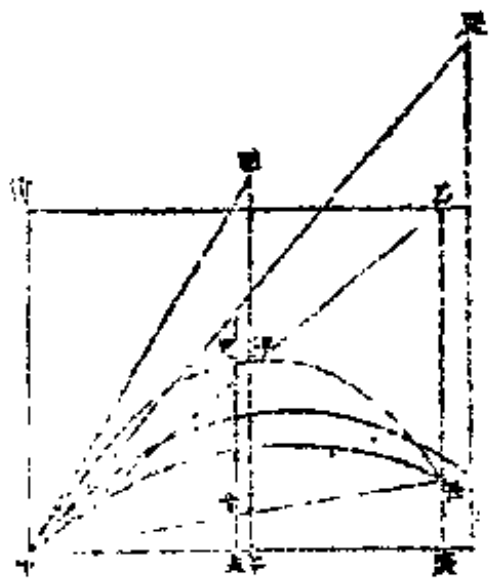
點之垂綫甲庚爲地平面先求

若干秒中拋物至甲丑面命乙

甲丑角爲角甲乙丑角爲亢甲

丑乙角爲氐甲庚角爲房甲

丑庚角爲心乙甲庚角爲尾則



有等數

角——尾丁房

甲乙——時速

乙丑——速力$\frac{\text{甲乙}}{\text{三時}}$

角正弦甲乙——氐正弦丑乙

氐正弦——心正弦

丑乙——甲乙角正弦氐正弦

丑乙——甲乙角正弦房餘弦

速力$\frac{\text{甲乙}}{\text{三時}}$——時速(尾丁房)正弦房餘弦

時——$\frac{\text{(尾丁房)正弦}}{\text{速力 房餘弦}}$

甲乙——$\frac{\text{二速(尾丁房)正弦}}{\text{速力 房餘弦}}$

亢正弦甲乙——氐正弦甲丑

亢正弦——尾餘弦

氐正弦——房餘弦

甲丑——甲乙亢正弦氐正弦

甲丑——甲乙房餘弦

界——$\frac{\text{速(尾丁房)正弦尾餘弦}}{\text{速力 房餘弦 房餘弦}}$

$\frac{\text{二速(尾丁房)正弦尾餘弦}}{\text{速力 房餘弦}}$

第三款　用某速拋物當用何方向令拋綫界最大

設在地平面上有等數

界——$\frac{\text{速}}{\text{速力}}$(乙甲庚)正弦

倍乙甲庚角最大拋界亦最大

令倍乙甲庚爲直角乙甲庚爲半直角卽得

設在斜面上亦有等數

界——$\frac{\text{二速(尾丁房)正弦尾餘弦}}{\text{速力 房餘弦}}$

此實數愈大拋界亦愈大因房爲定角故也而此實有等數如左

因房爲定角倍尾少房角之正弦愈大則等數亦愈大故有式

(房上角直)三 — 尾

(尾丁房角直)三 — 尾丁房

二(尾丁房)正弦尾餘弦

— (尾丁)(尾丁甲)正弦 (尾丁)正弦(尾丁房)正弦

— (二尾丁房)正弦丁房正弦

然則二尾少一房爲直角等數最大

作亥甲垂綫則辰甲丑角爲亥甲丑角二分之一故拋物方向綫平分亥甲丑角

斜面上最大拋界之等數如左

拋界 — 速 二(尾丁角)正弦尾餘弦 地力 房餘弦

拋界 — 速 (二尾丁角)正弦丁房正弦 地力 尾餘弦

— 速 地力房餘弦 (尾角正弦丁房正弦)

— 速 地力 (一丁房正弦) (一丁房正切)

— 速 地力 (一上房正弦)

第四款 拋綫界用拋高求等數

拋高者拋速上行當至之高卽物以地力下墜得速與拋速相等時所遇之路也

拋高 — 速 二 地力

拋高 — 速 三 地力

拋界 — 速 一 地力

地平面上拋界等數

拋界 — 二拋高(甲正弦)

拋時 — 二拋高 二 地力 正弦

最高 — 拋高正弦

最大拋界 — 二拋高正弦

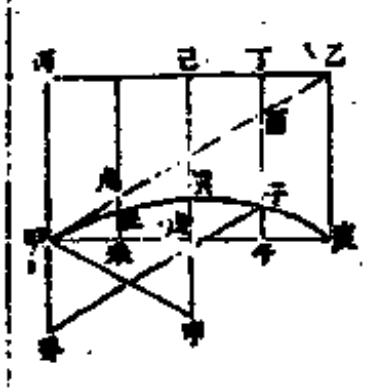
斜面上拋界等數

拋界 — 二拋高(二丁房)正弦 地力 房餘弦

拋時 — 二拋高(二丁房)正弦 地力 房餘弦

最大拋界 — 二拋高正弦

第五款 拋物綫卽圓錐上之單曲綫綫上任取何點欲知其拋速若干



如圖丙乙爲準綫作單曲綫法用一塊著矩尺矩尺行于丙乙一塊著申點不動丙乙名準線詳代微積拾級設取曲綫上子點欲知其拋速從準綫丁點下行至子點時所當得之速卽拋速也甲酉爲平速卽拋速路酉子爲長加力路有等數

甲酉 — 速時

酉子 — 地力 二

甲酉 / 酉子 — 二速 地力 — 四拋高

甲酉 — 四拋高酉子

癸子 — 四拋高甲癸

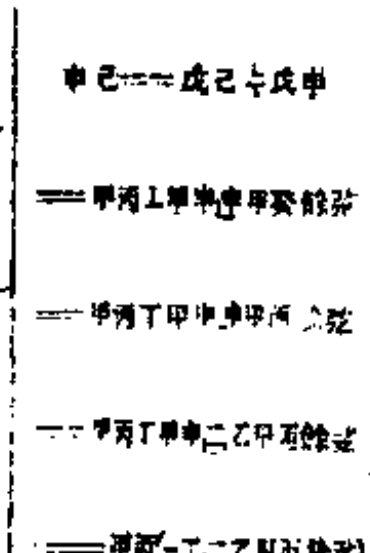
作甲癸垂綫又作癸子平行於甲酉則有等數

所以甲子爲圓錐上單曲綫甲乙爲甲點切綫四拋高爲甲點通徑甲癸爲甲點正矢癸子爲正弦己申爲頂點通徑之半取甲丙爲甲點通徑四分之一卽等於甲點拋速所生拋高己丙爲準綫直交甲丙則甲點拋速等於準綫上下墜至甲點時當得之速設行至子所得

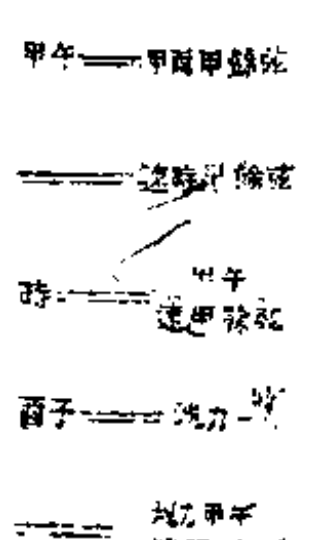
拋速與子點作拋點同故子點拋速等於準綫上下墜至子點時當得之速

甲酉爲甲點之切綫準曲綫例切綫與帶徑（即甲甲）所成角等於切綫與距準綫（即丙甲）所成角所以取酉甲申角等於酉甲丙角則曲綫心必在甲申綫上又甲點離丙點與離曲綫心等故取甲申等於甲丙則申點即曲綫心

求頂點通徑法作申己綫直交準綫平分於寅寅必爲曲綫頂點四倍己寅綫即頂點通徑

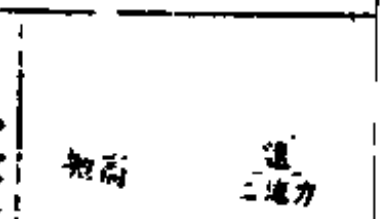


第六款　拋物綫用垂綫及地平綫求等數用前款圖



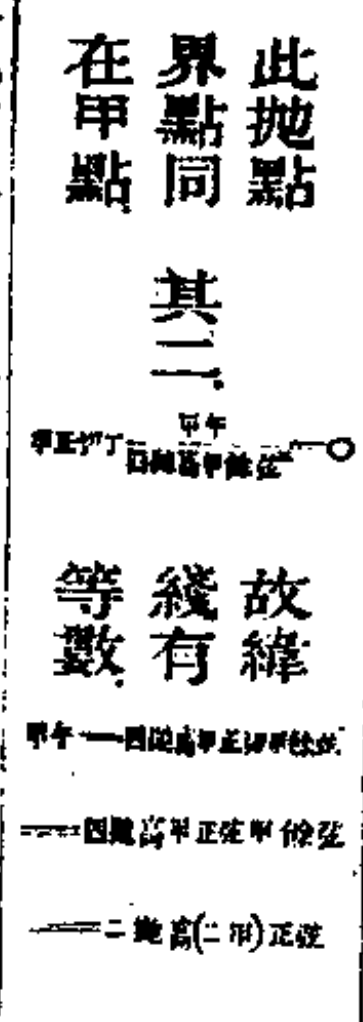
設已知拋高則有等數

欲求地平面上拋綫界必令經綫等於○（寅戊子午等爲經綫至甲庚二點而無故曰等於○）此有二數



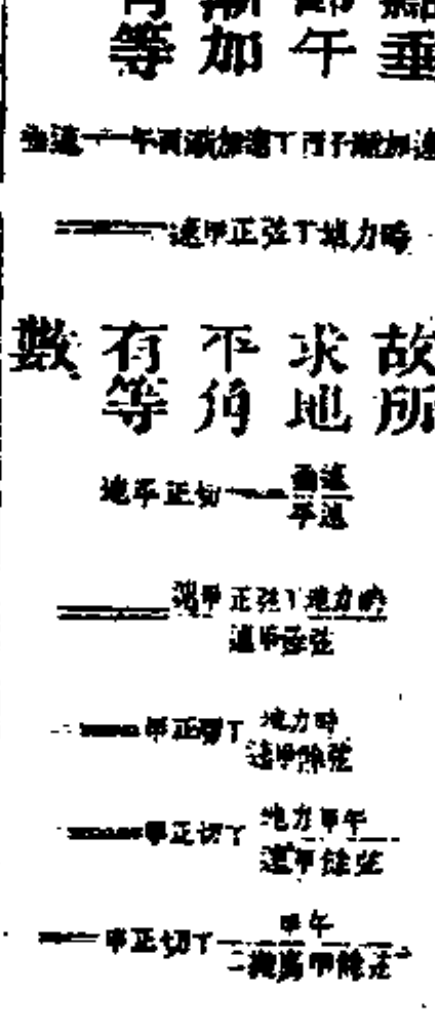
其一　○此拋點界點同在甲點

其二　○緯綫故緯綫有等數



子午二點行時地平速恆等故等數恆同

第七款　求拋物地平二綫在某處成角角度若干



子點垂速即午速漸加速有等數

故所求地平角有等數

物至拋綫離斜面最高寅點時求寅點垂綫過斜面於何點　甲丑爲斜面過寅點時拋物方向必平行於甲丑命地平角爲房甲角爲尾有等數用二款圖

與第四款斜面拋綫界相較卽知甲戊爲甲丑之半

假如從此點用某速拋物欲令至彼點當用何方向綫

甲爲此點丑爲彼點已知丑甲庚角卽求乙甲庚角

○用二款圖

二尾角與房角之數小於二直角則此題可推否則不可推命較角之外角(角)有等數

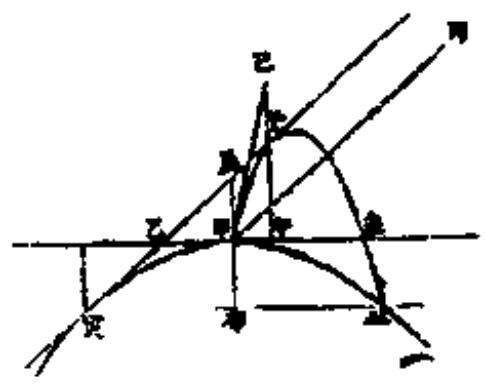
如此則可推乃以辛壬爲尾角二數其等數如下

此二數俱在之中如此拋綫有二方向得拋界同

如圖中甲辰平分丑甲亥角則等數如左

乙甲庚卽辛角己甲庚卽壬角甲乙甲己與甲辰成角相等卽角限亦可推　設較角正弦大於一卽甲丑乘房餘弦方爲實二拋高爲法加房正弦大於一若甲丑太大或拋高太小則有此理而題不可推(拋高太小卽速太小)

假如於山頂用某速拋物於某方向山坡爲直向上之單曲綫(卽拋物綫)求物遇於何點



如圖甲丑爲拋面與山曲面之交綫卽單曲綫之一段其平綫丑卯垂綫甲卯有等數如下

垂綫負者因曲綫例橫軸(甲乙爲橫軸)之上爲正下爲負也

丑爲拋物綫與單曲綫相遇之點而此二綫在丑點上並以甲卯爲垂綫卯丑爲平綫故其等數並同拋物綫垂綫之同數等於單曲綫正矢之同數等數如左

$$丁\ \frac{平綫}{通徑}=$$

$$平綫甲正切丁\ \frac{平綫}{四拋高甲餘弦}$$

$$\frac{平綫}{四拋高甲餘弦}丁\ \frac{平綫}{通徑}=甲正切$$

$$平綫=\frac{通徑\ 四拋高甲餘弦}{通徑丁\ 四拋高甲餘弦}$$

$$=\frac{通徑\ 二拋高甲餘弦}{通徑丁\ 二拋高甲餘弦}$$

設其等數如後則平綫爲無窮大拋物綫與山坡之曲綫面永不相遇蓋兩單曲綫必平行其通徑必相等也

$$通徑=二拋高甲餘弦$$

$$通徑=二拋高甲餘弦$$

設通徑小於四拋高乘甲角餘弦方則下曲綫山坡小於上曲綫拋物綫二曲綫必漸遠亦永不相遇

不論何曲綫已知垂平二綫之等數任於何點拋物卽可推何點遇何綫也

假如於某點用某速拋物求用何方向令物切某面取乙子爲某面與拋垂面之交綫等數如左用前圖

$$子午=甲午\ 甲正切乙正切$$

$$子午=甲午\ 甲正切丁\ \frac{甲午}{四拋高甲餘弦}$$

乙子甲己皆拋線之切線準曲線例己子必等于辰甲故有等數

$$(甲午上甲乙)乙正切=甲午乙正切上\ \frac{甲午}{四拋高甲餘弦}$$

子點上拋物綫及面二方向與地平成角等故正切必等以乙子綫言之此正切卽乙角正切故有等數

$$乙正切=甲正切丁\ \frac{甲午}{二拋高甲餘弦}$$

$$甲午=二拋高甲餘弦(甲正切丁乙正切)$$

$$=二拋高甲餘弦\ \frac{(甲乙)正弦}{乙餘弦}$$

$$甲乙(乙正切)=甲午(甲正切丁乙正切)丁\ \frac{甲午}{四拋高甲餘弦}$$

$$=甲午(甲丁乙)正弦\ \frac{甲午}{甲餘弦乙餘弦}丁\ \frac{甲午}{四拋高甲餘弦}$$

用甲午之同數代甲午得下式

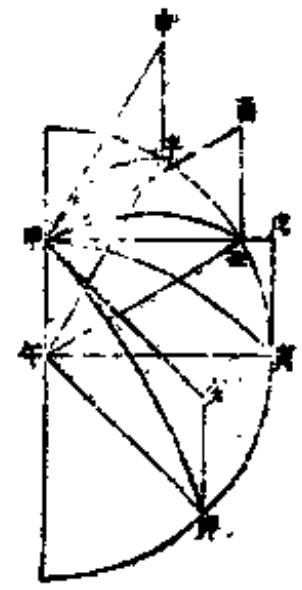
$$甲乙乙正切=二拋高(甲丁乙)正弦\ \frac{}{乙餘弦}丁\ 拋高(甲丁乙)正弦\ \frac{}{乙餘弦}$$

$$=拋高(甲丁乙)正弦\ \frac{}{乙餘弦}$$

$$(甲丁乙)正弦=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{甲乙乙正弦}{拋高}}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{甲乙乙正弦}{二拋高}}$$

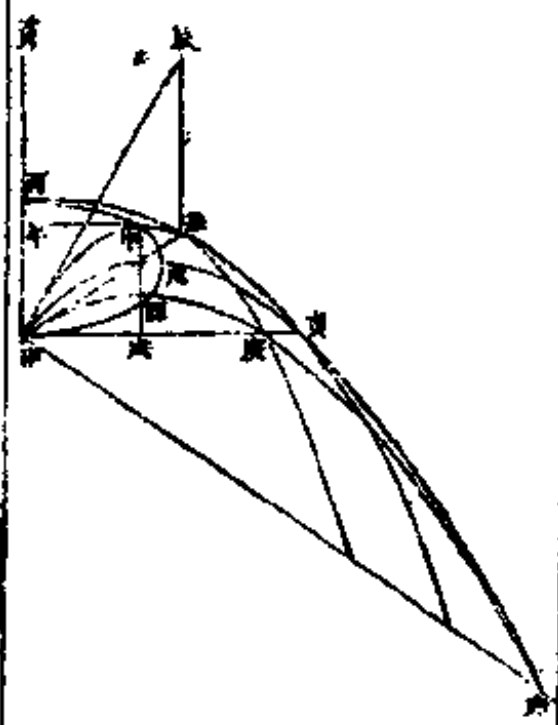
然則此題有二方向綫作甲丙綫平行於乙子二方向綫與甲丙成角必相等依此二方向拋物俱能令拋物曲綫切乙子面而過不論何面理同

假如於甲點將多物用同速拋出行於一箇面上之各方向綫歷若干秒物行各至何處



如圖甲申甲酉甲戌甲亥爲拋各物之方向綫各綫俱等爲若干秒中平速當過之路申子酉丑戌寅亥卯各綫亦等爲若干秒中地心速當過之路則歷若干秒各物必至子丑寅卯各點取甲午垂綫等於申子諸綫作午子午丑午寅午卯等於甲申諸綫則各物俱在平圓周午爲圓心午子諸綫爲半徑圓心以地心速下行與各物下行同半徑以平速漸長設拋物方向不在一个面上則歷若干秒各物俱在立圓周

假如依前題求諸曲綫頂在何點此求公頂點



如圖甲爲拋點甲庚爲拋綫界申爲曲綫頂卽物至最高界午甲爲垂綫午申爲平綫午申等於甲戊亦等於甲庚之半戊申等於甲午申戊甲午爲長方形等數如左

甲午＝拋高二甲正弦

＝二拋高甲正弦甲餘弦

甲午＝拋高甲正弦

甲正弦＝$\frac{甲午}{拋高}$

甲餘弦＝$\sqrt{二拋高甲正弦甲餘弦－甲午^2}$

準前題得下式

甲午＝四拋高甲正弦（$1-\frac{甲午}{拋高}$）

＝丙拋高甲正弦（$1-\frac{甲午}{拋高}$）

＝丙（拋高甲午－甲午^2）

四＝$\frac{拋高}{（拋高）}$

拋高＝$\frac{甲午}{（拋高－甲午）}$

此卽橢圓等數橢圓小軸等於甲丙拋高大軸爲倍拋高卽倍小軸則拋物綫頂卽橢圓頂

假如從甲點作甲丑甲寅甲卯爲諸面上之最大拋綫界將各物用同速在甲點拋出求丑寅卯諸點聯之成何綫

命庚甲丑角爲亢丙甲丑角爲氐有等數

單曲綫以四拋高爲通徑則亦有此等數故知丑寅卯諸點聯之成單曲綫甲爲曲線心

甲丑＝$\frac{二拋高}{二亢正弦}$

＝$\frac{二拋高}{二氐餘弦}$

設諸物方向綫上之速等數如上則從甲點拋出諸物所成諸單曲綫必切此單曲綫而過不能出此綫之外試以各切點與甲點作聯綫其理自明

速＝$\sqrt{二拋方拋高}$

作甲辰綫平分亥甲丑角卽二款圖則曲線心甲必在甲丑

綫上所以甲申丑及丙丑二曲綫之切綫同在丑點試作辰丑平行於丙甲切綫必平分甲丑辰角故丙丑寅卯曲綫必切諸拋物曲綫

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論物行於曲綫之理

凡物强之使行於曲綫則本力分爲二力一爲逐點之對力一爲曲綫上之力逐點之對力直交於曲綫亦直交於物行方向綫故物速大小與此力無涉欲求物速必用曲綫上之分力及分力所生之速乃可推物速之大小

第一款　物用地力行於曲綫任至某點所得之速與空中下墜至某點地平綫時所得之速同（不論何曲綫理同）

如圖物在甲用某速行至丁甲子丁卯俱爲地平綫直交於子卯垂綫則物在空中自子至卯與曲綫上自甲至丁所得之速同試將甲丁分爲甲乙乙丙丙丁諸分作乙丑丙寅地平綫分子卯爲子丑丑寅寅卯諸分物用長加力過曲綫甲乙路以平速論之乙丙丙丁俱爲平速各等於甲乙速如甲乙乙丙諸分愈多愈小則卯點所得之速漸近於丁點所得之速　甲庚爲甲點切綫遇丑乙綫於庚作甲戊垂綫又作庚戊直交於甲庚以甲戊爲甲點地力率分爲甲庚庚戊二力

庚戊爲曲綫對力所消物行自甲點後以甲庚爲率故甲庚爲實甲戊爲法實如法而一即甲點之能力引長丑庚遇甲戊於干即有比例

一率　甲戊
二率　甲庚
三率　甲庚
四率　甲午

故在曲綫方向上甲點之能力有等數

設能力平加於甲乙乙丙丙丁諸分準前有等數

準前卷言物自空中以甲速下行至卯在卯所得之速

諸分皆同將諸等數并之得下式

設甲乙乙丙愈小所生之速愈近於曲綫之實速則甲乙爲實甲庚爲法乙丙爲實乙辛爲法所得諸數愈近於一以界數言之有等數

方亦等於此數則垂綫所得之速與曲綫所得之速等

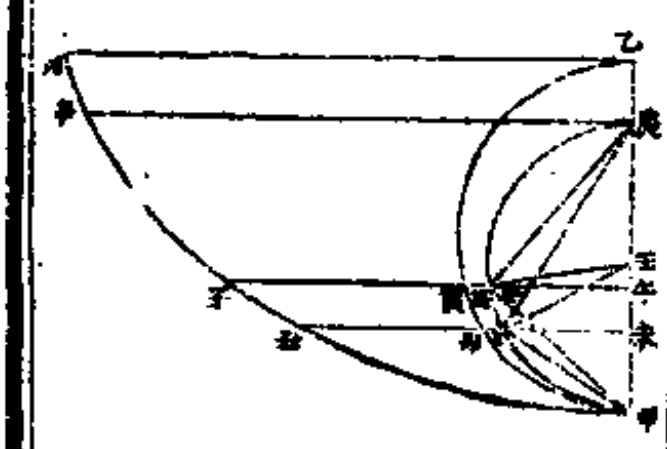
任何力以諸平行方向加於行曲綫之物上動理總同等數如左

[illegible]

設此物從丁點起彼物從卯點起用同速上行至甲子二點得速必等因上行丁甲所減之速與下行甲丁所加之速必相等也故等於子卯之速即等於卯子之速

設有各物用同速上行於各曲綫從所至點作垂綫至底點之地平綫俱相等則各曲綫上所得之速亦俱相等因上行於曲綫與上行其垂綫得速必等故也

第二款 求擺綫上物下行時刻大小



如圖甲爲擺綫底點辛爲物下行之初點乙甲爲垂綫庚辛爲地平綫交垂綫於庚子午亦爲地平綫交甲庚半圓周於辰交垂綫於午則辛子路所得之速與庚午路所得之速等觀前款自明故有等數

又取甲乙二點爲界作甲寅乙半圓令甲寅通弦爲甲子之半詳附款則有等數

[illegible]

近午點取未點作丑未綫平行於子午有等數

[illegible]

設物以子速平動過子丑路則子丑時刻有等數

[illegible]

分全時爲無數子丑時且令子丑時小至無窮則辛子中有無數小時其和幾近於辛子路所歷之時作庚己聯綫交甲辰於癸因甲癸庚角幾近於甲辰庚直角癸辰亦幾近於甲辰少甲己則無窮界數之等數如左

[illegible]

設欲求辛子總時將各小時并之即得如無數辰壬己角卡之即得庚壬辰角也故有等數

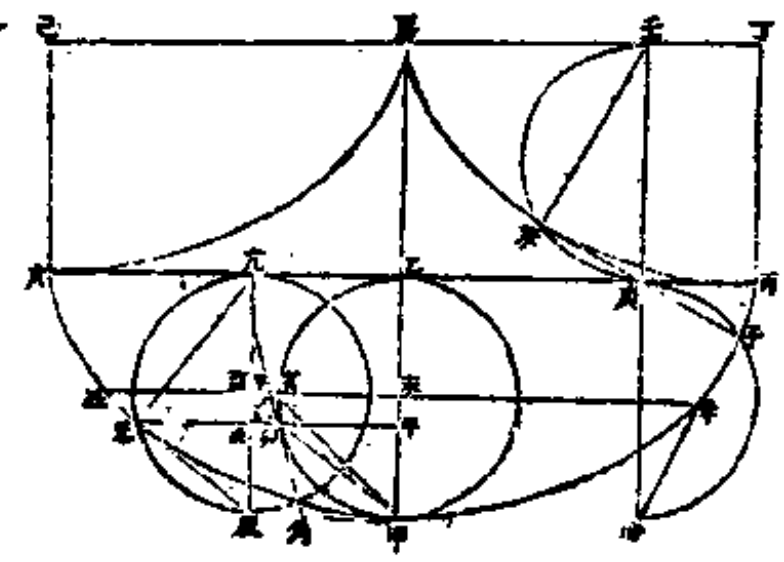
[illegible]

設欲求下行辛甲全曲綫之總時以倍直角代庚壬辰角即得

[illegible]

設物下行過底點甲復上行於甲之又一邊求其時刻

如圖物自辛下行至甲復自甲上行至丑甲丑等於辛甲則甲丑時必等於辛甲時有等數



下行時刻與辛點無涉無論從曲綫何點下行時刻皆等故丙甲爲等時刻綫

附擺綫四款從別書移附此

如前圖亢氐辰平圓周旋行於丙乙戊直綫則圓周氐點所過必成曲綫名曰擺綫平圓一周氐點始於丙而終於戊成丙子甲戊曲綫將丙戊平分於乙作甲乙綫直交於丙戊甲爲氐點經過半路之點則分此曲綫爲甲丙甲戊等勢等長二曲綫甲乙爲擺綫軸丙戊爲界綫甲爲底點平圓周爲擺綫母卽命爲母綫

第一款　午卯氐半弦直交甲乙軸卯氐等於卯甲弧綫　氐點行至氐母綫行至辰氐亢弧綫與戊亢直綫還點相合則二綫必等亦等於乙卯而甲卯乙半圓周與戊乙直綫還點相合則亦必等戊亢既等於乙卯則所餘亢乙必等於所餘卯甲氐戊等於卯午故卯氐等於戊午則亦等於亢乙所以卯氐等卯甲弧綫

第二款　擺綫上氐點之切綫必平行於甲卯通弦設以亢爲定點令母綫不行於乙戊綫而環行於亢點則一周畢氐點之方向仍同然則氐點方向必直交於氐亢與氐辰方向同故戊氐擺綫在氐點之方向亦與氐辰同所以氐辰爲切綫而氐辰平行於卯甲故氐點切綫必與卯甲通弦平行

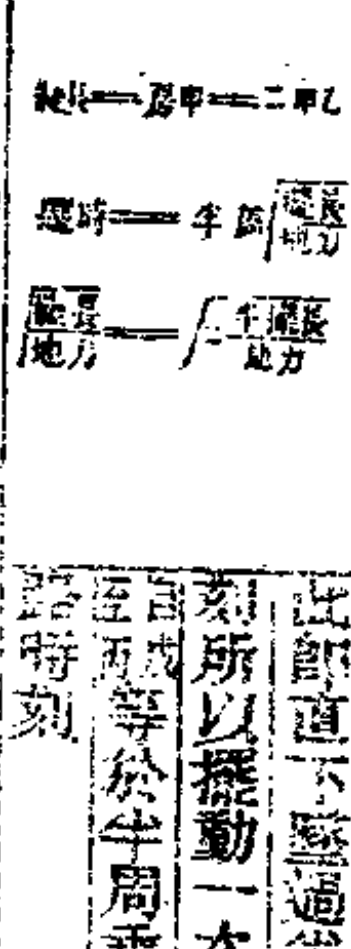
第三款　氐甲擺綫等於兩个甲卯直綫　試近午卯氐作未寅丑平行綫次引長甲卯遇寅丑於酉次作卯點之切綫角申遇寅丑於申遇甲點切綫於角次作申亥綫直交於卯酉因角甲等於角卯故角甲卯角等於角卯甲角亦等於酉卯申角亦等於甲酉寅角所以卯酉申角等於酉卯申角而申卯等於申酉卯亥等於酉亥則卯酉等於倍卯亥設寅點漸近卯點申點必漸近寅點亥申至極小時必與甲爲心寅爲界所作之弧綫合而爲一而卯亥爲甲寅甲卯

之較卽甲卯弦引長之數又卯酉平行於氐辰則卯酉至極小時必等於氐丑卽甲氐擺綫引長之數然則甲卯直綫與甲氐曲綫點點相對甲氐引長之數倍於甲卯引長之數而甲氐甲卯一道同生故甲氐恆倍於甲卯

第四款　以法令鐘擺行于此綫上　甲子丙爲半擺綫甲乙爲軸引長之至房令房乙等於乙甲作房乙丙丁直角四邊形以丙丁爲軸丁房爲界作丙癸房半擺綫次作壬心綫等於房甲且平行於房甲於此綫兩邊作壬癸庚庚子心二半圓周爲甲丙丙房二擺綫之母綫次取癸庚庚子之度作二直綫因庚子心弧等於乙庚丙故庚子弧等於庚丙而子心弧等於乙庚又乙庚等於房壬亦令壬癸弧等於房壬則子心與癸壬二弧等而心庚子壬庚癸二角亦等故癸庚子爲一直綫而癸庚等於庚子癸子等於倍癸庚卽亦等於癸丙擺綫詳三款所以癸子爲擺綫上癸點之切綫詳二款然則以房爲房癸丙象之定點合於房癸丙半擺綫之上此綫卽時綫端丙點所經過必成丙子甲半擺綫再以戊爲底點己房爲界作房戊擺綫與房丙一一相等此綫卽時綫端戊點所經過亦必成戊甲半擺綫合之卽成丙甲戊全擺綫乃以物繫於房癸丙索上之丙端令往來擺動於房丙房戊二半硬擺綫或僅或木爲之中間垂面上物必行於丙甲戊擺綫上

第三款　物行於擺綫上求每次時刻

房丙房戊二半硬擺綫相切於房在一箇垂面上取房癸子索卽房癸丙半擺綫着於房點索端子必行於丙甲戊綫上將物繫於索端自丙下行至甲復自甲上行至戊自戊下行至甲復自甲上行至丙甲丙甲戊爲等勢等長二曲綫房甲爲擺長等於二甲乙則行等數



此卽直下墜過半擺長路之時刻所以擺動一次時刻自丙至戊或自戊至丙等於半周乘下墜過半擺路時刻

極近甲點處擺綫幾與以房爲心甲爲界所作之圓綫同然則房癸子擺及子端之物若垂於房甲端一無阻力往來行於小弧綫與擺綫時刻略相等於此亦可推得擺之時速各事以本款等數爲證卽知擺行於小弧綫時刻若地力爲定數則時刻與擺長之平方根比例恆同若擺長爲定數則時刻與地力之平方根恆有

反比例若時刻爲定數則地力與擺長比例恆同 設歷時一秒擺動一次名爲秒擺有等數

倫頓北極出地五十一度半於無風氣空中用秒擺二十七寸九五

時 $=\sqrt{\frac{\text{擺長}}{\text{秒擺長}}}$

六一此可測地力有等數如下

$\text{地力}=\frac{\text{半周}}{\text{秒擺長}}\times\text{半周}$

$=\text{四一九五七二}$

假如擺長一十七尺四寸七二五六二五求擺動一次歷時幾何

時 $=\sqrt{\frac{\text{一七四七五六二五}}{\text{九九五六一}}}$

$=\text{二五}$

求得二秒半即所歷之時也

假如擺動一次歷時三十秒求擺長若干

求得二千五百一十六尺又百分寸之四十九即擺長也

擺長 $=\text{秒擺}\times\text{三〇}$

$=\text{二千五百一十六尺九〇〇}$

第四款 擺略大略小求一晝夜加減次數

如某地北極出地若干度分一晝夜空中擺動若干次歷時八萬六千四百秒有等數

設一晝夜擺動次數與一晝夜秒數甚相近則擺長與秒擺長亦甚相近其相近之較數可推

$\text{擺長}=\frac{\text{秒擺}}{\text{總次}}\times\text{時}$

$=\frac{\text{擺長}}{\text{秒擺長}}$

$\text{擺長}=\frac{\text{秒擺長}\times\text{時}}{\text{總次}}$

假如秒擺略加長其加長之數爲甲求一晝夜擺動少若干次所少之次爲乙有等數

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{總次}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙秒擺}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙時}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙時}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙秒擺}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{總秒}}{\text{秒擺}}\times\text{甲}$

因乙甚微法實中皆可簡之等數如下

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙秒擺}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\text{一〇〇}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙時}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\frac{\text{秒擺}}{\text{乙時}}\times\text{甲}$

$\text{乙}=\text{一五三}\times\text{甲}$

求得一十五又二分之一即所少次數 設秒擺略減短求一晝夜多若干次法同

第五款 地力略大略小求一晝夜秒擺加減次數

準前論擺長爲定數時刻與地力之平方根恆有反比例故有等數

$\text{時}=\sqrt{\frac{\text{原地力}}{\text{地力}}}$

$\text{地力}=\frac{\text{原地力}}{\text{時}}$

$\text{地力}=\frac{\text{原地力}}{\text{原總次}}$

設將倫頓秒擺移置地力略大處一晝夜擺動次數必多於一晝夜秒數擺疾故也若移置地力略小處一晝夜擺動次數必少於一晝夜秒數擺遲故也 地力所變甚微命爲甲可用自乘及推之

設一晝夜擺動所多次數爲丙則有下式

去丙方者因丙甚小故可去也

假如赤道地之秒擺移置南北極地一晝夜擺動加多三百次求赤道地力與二極地力比例率

求得赤道地力與二極地力比例率四與一百四十五

假如將秒擺移置山巔求一晝夜擺動減少若干次距地心綫自乘方與地力有反比例地半徑加山高爲山巔距地心綫有等數

因山高比地半徑爲甚小故等數改如下

等數中與相等不論地方加減恆同緣地力或加或減與此同變也有等數

設地半徑爲一萬二千里山高爲三里求一晝夜少若干次

鐘擺所行有各種曲綫平圓綫亦其一也將索一端着於一點一端繫物行於空中必成平圓綫若將索傳於某曲綫面物往來時令索與曲綫面乍離乍合則物所行必成某曲綫而諸曲綫中以擺綫爲最妙蓋擺綫乃等時之曲綫物行於此綫無論用其全用其半用其幾分乃至用其極微之一分往來一次時刻俱等也　擺動一次時刻與擺長平方根恆有比例與地力平方根恆有反比例　風氣阻力及他阻力因綫之長短而異而時刻不變　此綫之理雖妙而作之甚難故今鐘擺仍行平圓綫　擺綫之妙在時刻不變平圓綫則弧必愈小愈準愈大乃愈不準故擺行於平圓綫若弧度極小亦與擺綫之理同設有三擺其長一爲一二爲四一爲九則各動一次其時刻之比例必爲一二三　己上所推擺理不論擺之體質若論體質須求擺心擺心點之離懸點一如無重擺之下端離懸點　車輪行時其周之各點必行擺綫大鳥巢於高山自上飛下或自下飛上無可測量當有明算者細觀其飛以爲亦行於此

求得二十一次又十分次之六即所少次數

綫　凡羽族用本重本力行於此綫一若有他力加之不論路遠近必同時至底點　近有人造行於擺綫之擺雖不甚確然已略相近亦能令擺動同時同次　設有物自一點下行至他點不用垂綫則擺綫爲最速直綫及各種曲綫皆不及也

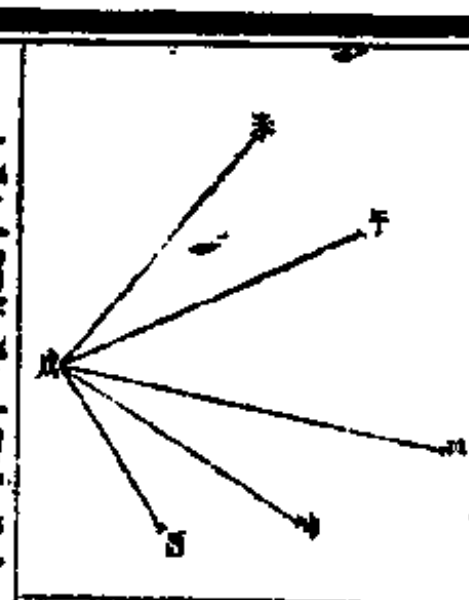
重學卷十二終

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論動體繞定軸之理

前數卷中但論能力直加於諸點之理今論質點加於堅綫繞行定軸之理與前質體加於懸綫諸款義亦相通蓋用索聯之與用堅綫聯之其理一也設有多質點各用堅綫聯於定軸環繞時必互相引動此可以動理第三例明之

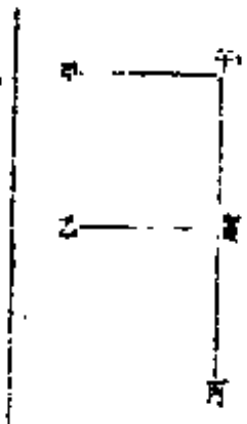
如圖甲未午申諸質點以戊甲戊未戊午戊申諸堅綫聯於戊軸若甲點動諸點亦動各點速與甲速有定比例欲明甲動之理必先求各點互相引動故甲點之動不得僅以動理第三例直加能力論之必兼論諸點相引時



或生動或阻動凡一切堅體俱可以此理通之蓋大質體可分爲無數細質點故理同也　大體旋轉時無數細質點各用所加能力互相引動　大質體如輪軸諸器有能力加於一點必合無數點俱動而無數點又各自有抵力與他點成桿理以相引動此卷專明諸點互相引動之理　動理第三例論能力非直加而爲轉加動力與抵力恒有比例故力分爲二有動力有抵力各點上所加而生之動力名爲實力別抵力加於體上名爲加力此加力在加點生動不能滿率因連於各處處處引動故也　每點上實生之動力必異於應生之動力爲各點相引動而異也

合質體動時以靜重學之理言之抵力動力必等

如圖丙爲軸丙子爲加於軸之堅綫令物環繞丙軸寅丙爲子丙之半能力或加於子（如甲）或倍加於寅（如乙）所生



動力相等可見抵力加於合質體與相等質距積所生之動力恒等然則力加於物令物繞軸行必生實力於各點蓋體通能力與桿理同也所謂實力即各點一秒中所生之動力不論實力加力皆以動力爲率動力者合體乘長加力或質積乘所生速上已明實力加力方向直加必相等之理若爲轉加亦無不等蓋用法測之而知其然也

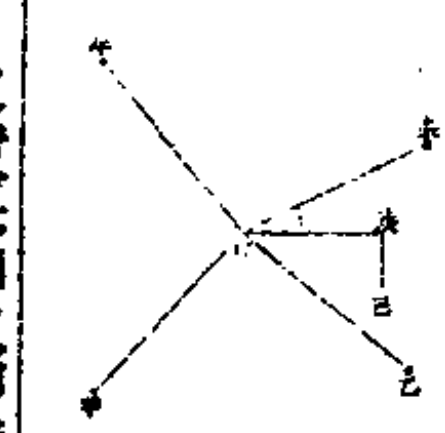
第一款　凡諸力生動於合質體在各處所減動力必相抵定

如午爲質點子爲午點空中當生之速設癸爲時率午

乘癸爲午點歷時率中當生之速寅乘秒爲午點在體中歷一秒實生之速　分子癸爲丑癸寅癸二速能生癸速於時率中之長加力即爲子故生子速之動力即午乘子能生丑乘癸寅乘癸二速在時率中之動力即午乘丑午乘寅故午乘子動力可分爲午乘丑午乘寅二動力午乘寅爲有用之力午乘丑爲午點所減之力再取未卯辰巳配午子丑寅爲屬於別點之質速申酉戌亥又屬於一點各點所減之力爲未乘辰申乘戌以靜重學言之午乘子未乘卯申乘酉各抵力與午乘丑未乘辰申乘戌各通力同能即午乘丑午乘寅未乘辰未乘巳申乘戌申乘亥各力同能

如此所減動力有正有負負者爲所減力正者即爲所加力如未點不加能力則未乘寅爲力未乘辰必等於負未乘巳蓋所減之力爲負未乘巳則所加之力亦必爲未乘巳也然則不論何質體他處加減之能力必相抵定如前論質體繞定軸以平力對力相等之理言之是也

設有諸力加於環繞定軸之質體成若干角動（角動先論所生之動不論外來抵力與軸之動但明合質體動之理）



如圖合質體中有午未甲乙諸點同在一面繞戊軸而動戊軸與諸點所在之面成直角有己力令質體動求各點上所生之實長加力設己力直加於戊庚取申酉丙丁爲午未甲乙之實長加力申乘午酉乘未丙乘甲丁乘乙爲實動力各動力必直交於戊午戊未戊甲戊乙因動之方向直加故也所以有加力己直加於戊庚則有實力申乘午酉乘未丙乘甲丁乘乙直加於戊午戊未戊甲戊乙證以前條且證以桿理有等數如左

午未甲乙各以相等角速繞戊點各點方向速與戊午戊未戊甲戊乙必恆有比例故凡速改變必依此比例而生改變之長加力在同時中亦必有此比例

一率　申
二率　酉
三率　戊午
四率　戊未

前等數中易以此二數得下式

餘點俱準此

設庚點距軸綫爲一則如下式

設有多能力加於質體則如下式

多能力中如有方向與餘力對面者則記負號

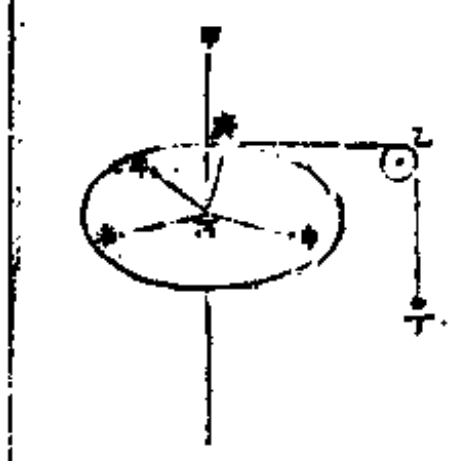
庚點實生長加力有等數

由此觀之動不能傳因午未諸力阻之庚點上午之阻力等於午乘戊午方爲實如戊庚方而一各點之阻力皆可類推

準前款理推之各點實力與各點距軸綫恆有比例

設己力與戊庚爲定數則各點實力亦爲定數而諸動必爲平加速設己力非定數則當用變動之等數

設所加能力爲他質體之重則他質體亦在午未甲諸點中

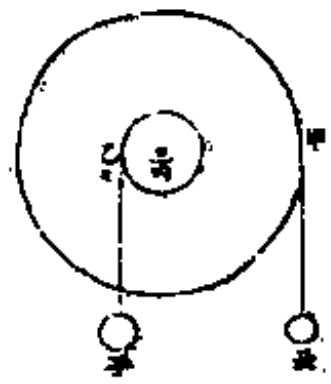


如圖午未申等質點在一地平面環繞甲丙垂軸丁重以索過乙滑車直加於丙庚半徑丁速與某力加於丙庚面速同所以令質體動之能力或在丁體或在庚點並同

故在丁之實生力等於在庚之實生力　圖中午未動力之比同於諸物質體積乘重之比故等數實中之丁重數亦係動力與丁乘之比

設午未申諸點不同在直交軸之一箇面內則等數中之三綫以辛午壬未癸申諸距軸綫易之理亦同

前圖己重加於戊庚半徑乃用索直加於庚索爲己重拉直在極微時中與己重加庚無異因索上在己之拉力與在半徑端之對力相等故加己之實生力等於加半徑端之抵力而本力與實生力仍相平設有子丑二重以索繞於輪軸丙爲軸心用前等數子丑之力或加於本體或加於軸乙點及輪甲點理俱同因索恆直交於半徑之端故也



質點當靜時有不肯動之性當動時有不肯靜之性此力名質阻力質阻力大小之比同於質大小之比以質體綫軸言之各點之質阻力以離軸遠近而異與力加於桿之理同但桿之實生動力等於力乘距定點綫而

質體旋動之質阻力以質體乘距軸綫方爲率此數名質阻率各點質阻率幷之爲合體質阻率設質體諸點非分離各處乃幷爲一體則其質阻率爲諸質阻率之和假如諸點爲午一午二午三等距軸綫爲戊午一戊午二戊午三等有能力己直加於距軸綫之庚點則庚點上之長加力有等數

凡有和號者乃諸微分之和此即合體質阻率設有數爲乾令等數如下則乾即環軸半徑詳下卷

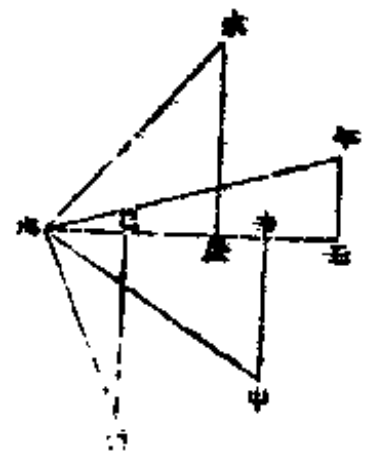
$$\text{乾} = \text{午戊} \times \text{午戊} + \text{午戊} \times \text{午戊} + \text{午戊} \times \text{午戊}$$

此諸點各乘距軸綫方之和此諸點之和

$$\text{庚長加力} = \text{己戊庚} \times \text{己戊庚}$$

第二款　諸質點合體加於地平軸求地力加於各點之長加力

如圖戊爲動軸午未申酉爲諸質點作地平綫從戊點直交於午壬未庚申辛酉己諸垂綫所加動力爲午未申酉諸點之重午點實生長加力爲辰即有等數



$$\text{本體長加力} = \text{未戊酉午} \times \text{未戊酉午}$$

$$\text{辰長加力} = \text{午戊辰} \times \text{午戊辰}$$

諸實動力有等數如午點之實動力爲辰乘午

$$\text{午點動力} = \text{午戊壬午} \times \text{午戊壬午}$$

$$\text{申點動力} = \text{辰申酉辰} \times \text{辰申酉辰}$$

戊壬戊庚戊辛戊己直交於前諸力方向戊午戊未戊申戊酉直交於後諸力方向午點動力乃午點質乘地力各點動力即各點質乘地力加力實力相平與捍理同有等數

$$\text{午地力} = \text{午戊壬午} \times \text{午戊壬午} + \text{午戊辛午} \times \text{午戊辛午} + \text{午戊庚午} \times \text{午戊庚午} + \text{午戊己午} \times \text{午戊己午}$$

$$\text{午地力} = \text{午戊壬午} \times \text{午戊壬午} + \text{午未戊午} \times \text{午未戊午} + \text{午申戊午} \times \text{午申戊午}$$

質點愈多等數中法實之各項亦愈多設實中諸項有在戊點上垂綫之又一邊則等數中正易爲負而法中之項仍俱爲正因諸點環行戊軸故諸實長加力恆在一个方向也

再求未點實生長加力命此力爲已有等數

$$\text{已} = \text{午戊壬午} \times \text{午戊壬午} + \text{午未戊午} \times \text{午未戊午} + \text{午申戊午} \times \text{午申戊午} + \text{午酉戊午} \times \text{午酉戊午}$$

$$\text{地力未戊} = \text{午戊壬午} \times \text{午戊壬午} + \text{午未戊午} \times \text{午未戊午} + \text{午申戊午} \times \text{午申戊午} + \text{午酉戊午} \times \text{午酉戊午}$$

取癸點爲合體重心作癸子綫直交於地平有等數

$$\text{癸子} = \text{午未戊午} \times \text{午未戊午} + \text{午申戊午} \times \text{午申戊午} + \text{午酉戊午} \times \text{午酉戊午} + \text{午壬戊午} \times \text{午壬戊午}$$

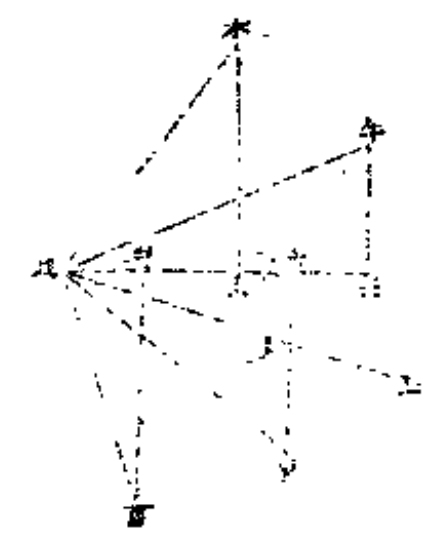
$$\text{戊子} = \text{癸子} \times \text{癸子}$$

$$\text{地力} = \text{午未戊午} \times \text{午未戊午} + \text{午申戊午} \times \text{午申戊午} + \text{午酉戊午} \times \text{午酉戊午} + \text{午壬戊午} \times \text{午壬戊午}$$

$$\text{地力} = \text{戊子} \times \text{戊子} + \text{癸子} \times \text{癸子}$$

第三款　有堅合體環繞於地平軸體中各點漸加速一个同求何處一點與地力攝引同

如圖丑點在戊癸綫上其長加力有等數



因此一點一部行於戊丑半徑之弧綫故也此弧綫在丑點之方向與地平所成角必等於戊丑綫與垂綫所成角

設去合體僅置一點於丑則有等數

丑長加力——地力與正弦

丑長加力——戊丑戊與垂力與正弦(午戊午)和(午戊午)

以地力在斜面上證之見十有等數

地力——斜面上之力

二長加力若何而等必令等數如下

戊丑戊與垂——和(午戊午)

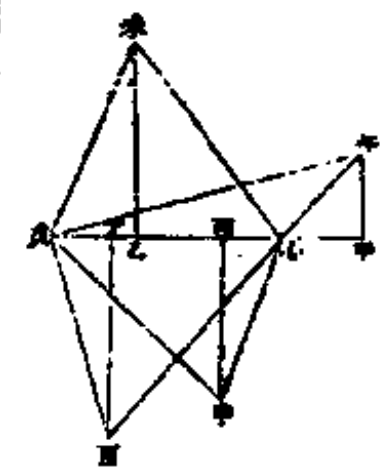
戊垂——和(午戊午)戊與垂

丑點之擺心點在戊矣綫在何方向此綫上之丑點或爲單質點或合體中之一點其長加力同所以戊丑擺合體動與丑一點動其次數無異

合體擺次數與戊矣長擺次數等然前經數其函微次中時知有式如下

無地力——時次微

命戊午爲天戊心爲地和午爲人則有等數



已知質阻率及重心求離軸之擺心擺之合體或以諸點聯之或以諸質體作之理俱同

第四款　合體質阻率準戊軸言之設別有一軸平行於戊軸經過重心亦有質阻率又合體收於重心亦有質阻率亦以戊軸言之并後二質阻率與原質阻率等

如圖合體繞行於戊軸午未申酉爲諸質點以直交於軸之面言之則心點爲午未申酉諸點之重心作午甲綫直交於戊心則有等數

甲心午與二午心丑戊與——戊矣

設再作未乙申丙酉丁諸綫直交於戊心則有諸等數

乙心戊心與二戊心未心丑戊——未戊

丙心戊心與二戊心申心丑戊——申戊

丁心戊心與二戊心酉心丑戊——酉戊

午戊午丑未戊未丑——戊心(午丑未丑)

丑午心午丑未心未丑——丑二戊(午心甲丁未心乙丁申心丙丁酉心丁甲)

因重心有等數

○——甲丁酉心申丁乙心未丁甲心午

午戊午丑未戊未丑申戊申丑酉戊酉丑——(午丑未丑申丑酉丑)

此爲重心周質阻率

此聚於心點爲戊軸質阻率

此爲原質阻率

己知心點周質阻率即知戊點周質阻率

凡平行於軸之諸軸周質阻率俱大於心點周質阻率

第五款　懸點擺心點有互易之理懸點作擺心則擺心作懸點

即諸質點（心點）即諸質點乘環軸半徑方心點即懸點戊為懸點丑為擺心矣蓋重心

戊丑——環半徑戊心上戊心

心丑——環半徑戊心

戊心——環半徑丑心

戊丑與戊心不變戊丑亦不變　試以心為心戊為懸作平圓綫於擺面（即面交於懸軸之面）此平圓綫上任取何點作懸點戊丑終不變故逐點懸之擺次俱同也

若以心為心丑為界作平圓綫此平圓綫上任取何點作懸點戊亦俱同也

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

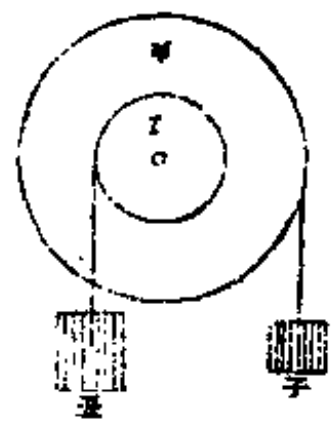
論器動

此卷用前所推得之理求諸助力器之長加力及諸器互相生動之長加力已知長加力用和分法推其動和分法見別畫

論環繞定軸之理

第一款　推輪軸上所加之重長加力

如圖子丑二重以索纏於甲乙二輪二輪共一地平軸命二輪之半徑爲庚辛全質爲午環軸半徑爲乾甲乙器繞本軸徑之質阻率爲乾方乘午取午體內一質點命爲未所加之力爲子乘地力距軸綫爲庚負力爲丑乘地力距軸綫爲辛有等數如左



午質＝未和數＝半徑質

力動＝子地力乘子距力＝長力

子長力動＝子地力乘子距力乘子距力／午質

方向自上而下

方向自下而上

丑長力動＝子質乘子距力乘子距力／午質

此二數爲定數若求得之力爲定力則器動可推

設丑乘辛大於子乘庚則力生動必在對面方向丑雖本非動力必下行也命子索力爲角乘地力子因重下行因索力上行故有等數

子動力＝子地力乘子距力

長力動＝子角地力／子

子角地力＝子質乘子距力乘子質／午質

角＝子丑乘辛上丑質乘辛上午質／子質上丑乘辛上午質

命丑索力爲亢乘地力有等數

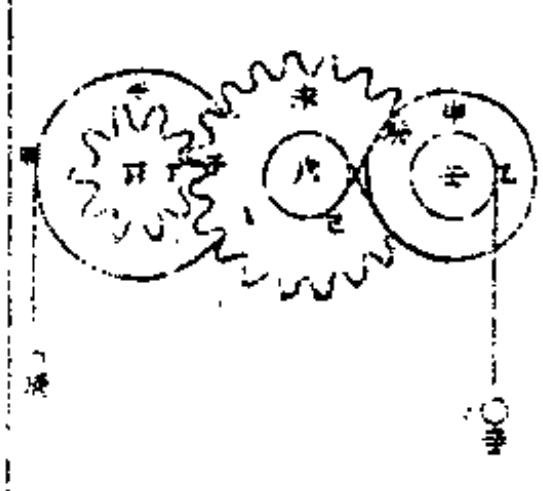
亢＝丑乘辛上子質乘辛上午質／子質上丑乘辛上午質

動心抵力因子丑而生必等於二索力之和則必有等於二索力和之對力阻之依靜重學之理器上之力恣相定故動心抵力有等數

輪心抵力＝亢上角＝輪心抵力

子丑質上辛上角乘辛上午質／子質上丑乘辛上午質

第二款　推聯輪軸上所加之重長加力



如圖諸輪與諸動軸相加或用兩加丁子或用索如已癸理同設更用別加法亦同　命第一輪軸二半徑爲角爲亢第二輪軸二半徑爲氐爲房第三輪軸二半徑爲心爲尾

所加之力在甲爲庚乘地力在乙爲辛乘地力其方向對面以靜重學理言之辛乘地力之對力在庚有等數

故生動於角路之力角路即甲距丙等數如下

取午乘乾方未乘坤方申乘震方爲各輪質徂率在軸內取天爲庚實長加力因各長加力之比如各速之比故有等數

因庚實長加力爲天故無論距丙幾若何長短在午輪上實長加速恆等於天乘亢爲實角爲法假如有質點寅命此離丙點之綫爲丑則實動力有等數

此力繞行此爲加於甲點之丙點之時力故午輪上全實動力有等數

此即甲點之全力故又有等數

此推之未輪子點之全實動力有等數

因器本理合體繞丙之力等於甲點之力故有式

又辛重以此推之實長加辛重在甲力有等數

繞丙點之動率等數如下

繞丙有用之力等數如下

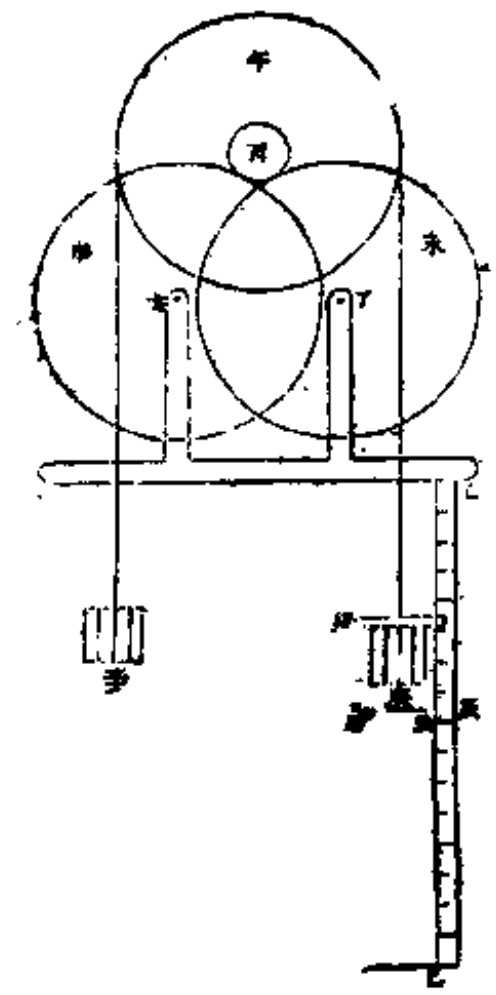
此二長加力俱爲定數

準前理命亢實角法爲日房實氐法爲月尾實心法爲星則有等數

重體向地心之力成路與速同德符突用器測之以證明

算術

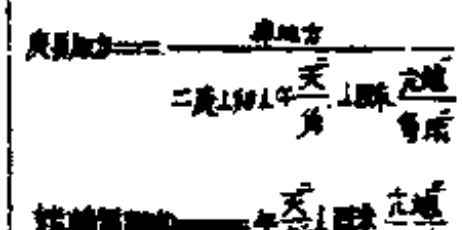
如圖庚辛二相等重以細索懸於滑車午將小重卯加



相等令風氣阻力相等則遲速亦相等午車軸丙極小又加未申二減阻力之輪則軸上面阻力幾等於無矣測時刻須用擺測路須用尺如乙巳法令卯體略大則庚重過圓柱口子丑時卯體不能過必閣於子丑上因器上只有一箇長加力爲卯重所生故庚重過辰點後必以辰點所得之速爲平速下行至己點必止爲柱底所阻也庚自乙至子丑間卯聲查鐘擺時刻若干至己間庚聲查鐘擺時刻若干乃置辰己路以二時之較除之得速二時之較謂卯聲後至間庚聲之時可證算理之不誤庚辛速甚小因令諸輪動之卯重甚小又諸輪動率亦在漸加速中故也未申二輪之外又有相等二輪在丙軸後端午輪動率爲午乘天方未輪動率爲未乘地方午輪軸半徑爲角爲亢未輪軸半徑爲氐爲房有等數

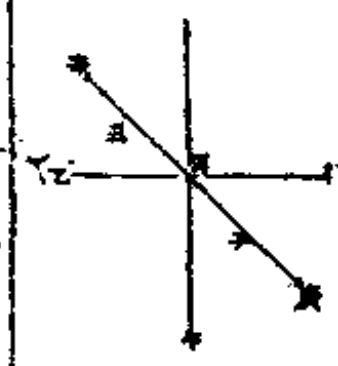
於庚上庚辛二重懸於二空圓柱中柱之大小

諸輪質阻率令速及路變一如右邊數之全質收於午輪之周



第三款　求桿上二重長加力

如圖庚辛二重加於桿之子丑二端桿質爲乾重心距動心爲坤桿與地平成角爲寅庚辛綫爲成宮角時桿之方向子乘寅餘弦坤乘寅餘弦丑乘寅餘弦爲動心丙點上地平綫遇庚辛及重心三垂綫之度有等數

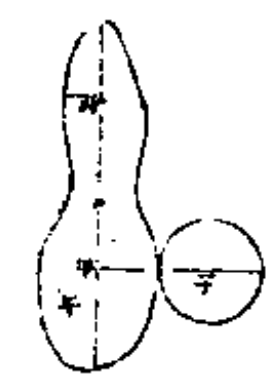


此動率令庚下行以乾乘震方爲桿之質阻率有等數

此力直加於丙庚

第四款　有物繞行丙軸至某點時爲某體用某速所擊求繞軸加減動

動體相擊其抵力相加只在一霎時中



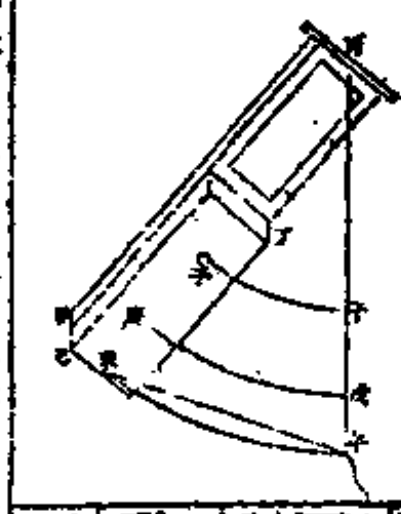
如圖子體用某速擊繞丙軸之午體作丙甲綫直交擊時抵力方向命丙甲綫爲見午體之質阻率爲午乘乾方凡有能力用子甲方向加於體無論何時所生之速一如午乘乾方爲實見方爲法之質體收於甲點設將質點代體任何時中所生之速總同以此而知子體用端速直擊丙甲合體於甲與擊午乘乾方爲實見方爲法之午體收於甲點無異設體質極堅無凸力則擊後午必以子速行準動理第三例擊前後之質乘速同命擊後甲點速率爲邦有等數

擊後若無他力相加午體必依平速繞軸行如軸平於地平地力加之則上行速盡必下行矣

設體質有凸力依前凸力條求之擊後子午二體必分行

設非正相擊且二體之面極平滑則用直交擊面過切點之綫求其分力

羅頻士造器名曰彈擺用此條之理以考鎗礮彈子之速如圖丙甲爲鐵面懸於地平軸丙鐵面上有木板丁己



鐵面靜時用鉛子打穿木板於子令鐵面擺動於午未弧欲知午未道宏以細綫繫於擺之末點穿過午點小穴擺之末點行至己則綫從穴出自午至未一段不復回穴可量而知鉛子雖洞木遇鐵而止戊爲鐵面并鉛子之擺心擺之本動與全質體收於戊點相同以此而知戊點上行至庚之弧綫與下行至最卑點時之弧綫等命此弧度爲乙角則戊點下行過乙角弧所得之速即等於依直綫下墜過乙角正矢路所得之速故有等數

準前在最卑點甲速有等數

一率	戊速
二率	甲速
三率	丙戊
四率	丙子

得戊速之等數如左

丙距鐵板鉛子和之重心命爲坤準前卷有等數

設彈擺擊後一分中擺動次數命爲寅則有等數

赫敦立測礮子速法用索懸礮於架開礮時視礮退行若干弧度即乙角礮與相連諸物之共重即午蓋懸物加減速或由於物擊或由於本凸力理無異也在礮軸所生之質乘速即子乘端蓋本方向礮子之質乘速等於對面方向懸物之質乘速也依此推得礮子一秒中速在一千六百與二千英尺之間

論輥動之理

圓體輥時體周各點遞合於綫之各點或遞合於面之各點

圓體有輥動必生過面動有過面動亦必生輥動

如有索繫於體體輥時索或纏上體周或卸下體周此軸無定處與繞定軸之理不同輥動時諸動之方向俱若直交過輥軸之面而逐時輥轉恆平行於過重心之原輥軸原輥軸或不過重心亦平行也

第五款 重心行於直綫體或纏於綫或卸於綫求諸生動力之和及諸動率

體自平行於本方向重心離本處至末處又離所至之處再至末處逐時不同故各點之動可分爲輥動過面動生動力若不變可以一秒中所生之速爲率蓋各點之速可分爲二則所加之速與生動力皆可分爲二也動力生於輥動亦生於過面動故二動俱爲動力之源

設重心之動所生長加力爲子則午乘子爲午點過面動所生之動力而各動力之和爲午乘子之和因各動力平行且相等也若全質爲未則亦等於子乘未

各平行力午乘子之幷力必經過合體之重心亦必在重心方向綫上所以任取繞重心之一點言之依重心方向諸動率之和必等於○假如午點距過重心之輥軸爲甲此點有實長加力丑則午乘甲乘丑爲午點之實動力此力直交甲半徑作午點縱橫二綫命爲天地以重心言之二綫在輥面上分實動力爲二力天地與甲成三角形甲天地三邊直交本力及二分力三方向綫三邊與三力必有比例故以諸力方向言之午乘地乘丑負午乘天乘丑爲午乘甲乘丑之分力以天地二綫言之和午乘甲乘丑爲和午乘地乘丑負和午乘天乘丑之幷力惟和午乘地乘丑等於丑乘和午乘地亦

等於○以重心之理證之自明

準前論由輥動之理所生諸實動力之幷力亦等於○以過重心軸言之午乘甲乘丑之動率爲午乘甲方乘丑諸動率之和有等數

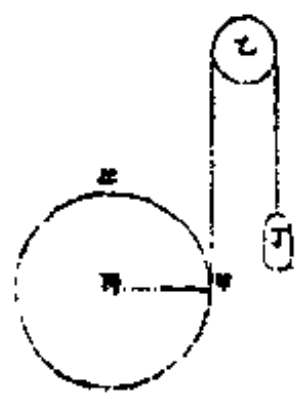
$$\text{午乘甲乘丑}=\text{子乘甲乘丑}+\text{寅乘甲乘丑}$$

$$\text{未乘乾方乘丑}=\text{未乘乾方乘子}+\text{未乘乾方乘寅}$$

未乘乾方即軸之質阻率

由此可見加於全質未上諸實動力無異於未乘子力加於重心其方向即重心所行之直綫諸力之動率即未乘乾方乘丑之動率未乘乾方乘丑之力所以令合體環繞重心故各點遂時所在之處有二力一子力即重心動所生之實力一丑力即本點距過重心輥軸輥動所生之實力本點距軸當作一

第六款　有圓柱卸下於索索過定滑車一端有他重求圓柱動



如圖午爲圓柱體卸下於甲乙丁索索經過乙滑車一端有丁重求午體動滑車之質阻力不論甲乙丁之索力有定數命爲癸乘地力午體之質阻率爲午乘乾方重心上之實長加力爲子各點距軸之實長加力爲丑半徑爲壬所加之力有二一癸乘地力在圓周甲點上行一午乘地力在重心丙點下行所加之力及實力即生加減力必有對面等力此二力之動率等以靜重學之理證之有等數

$$\text{午地力丁界地力}=\text{午子}$$

$$\text{界地力壬}=\text{午乾壬}$$

設丁點之實長加力爲寅有等數

$$\text{丁地力丁癸地力}=\text{丁寅}$$

$$\text{丁地力丁癸地力}=\text{子乘地力}$$

$$\text{子乘地力}=\text{午乘地力}$$

$$\text{子}=\frac{\text{午乘地力丁癸地力}}{\text{午}}$$

$$\text{寅}=\frac{\text{丁壬上(午上丁)癸地力}}{\text{丁壬上(午上丁)乾}}$$

$$\text{丑}=\frac{\text{癸地力壬}}{\text{午乾}}=\frac{\text{丁壬上(午上丁)癸地力}}{\text{丁壬上(午上丁)乾}}$$

準此推之得左式

$$\text{癸}=\frac{\text{丁壬上(午上丁)乾}}{\text{丁壬上(午上丁)癸}}\times\frac{\text{午乾}}{\text{壬}}$$

$$\text{癸}=\frac{\text{二丁午乾}}{\text{丁壬上(午上丁)癸}}$$

$$\text{二丁午乾}=\text{(丁壬上(午上丁)癸)癸}$$

$$\text{癸地力丁}=\text{丁癸地力}\frac{\text{壬}}{\text{乾}}$$

$$\text{丁午地力丁丁癸地力上丁午地力丁午癸地力}$$

$$\text{子上寅}=\text{壬丑}$$

$$\text{子上寅}=\frac{\text{子上寅}}{\text{午}}=\text{丑}$$

$$\text{加減力}=\text{今度大之力上今度大之力}$$

此三力皆爲定率所以午體重心下行及丁重下行及

驟動皆爲平加速

設子爲負 如此壬必小於乾卽子必上行 設寅爲負 如此則寅丁必上行如下式

午體不必全圓但卸索處可當圓周其軸必經過重心

索之垂面必直交軸亦必經過重心

設圓柱空而極薄壬半徑卽爲全質距心綫則乾等於壬有等數如左

設等質之實圓柱則乾方等於壬方之半見別書有等數

第七款 圓柱卸下於垂索索之一端着於定點求長加力

如圖午爲圓柱體卸下於甲乙索索之上端乙着於定點依前款設丁重不上不下一如甲乙索着於乙定點則動理如前而丁長加力等於○有等數

設空圓柱其周甚薄則有等數

設等質之實圓柱有等數

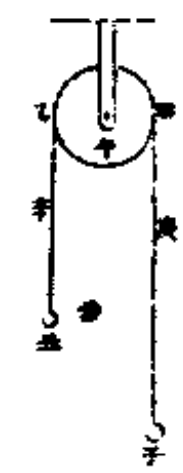
設爲球體則有等數

設索非垂綫而加於斜面其理亦同惟地力改用地力乘地平角正弦

設午體無索以斜面阻力令午不爲直動而爲輥動其理亦同惟索力改用斜面阻力假如無面阻力直動之長加力爲一則有面阻力輥動之長加力空圓柱爲二分之一實圓柱爲三分之二球爲七分之五

論滑車動

第八款 彼重引此重用靜滑車求長加力



如圖子重引丑重其索經過午滑車午乘乾方爲滑車質阻率命滑車半徑爲角子重下行之實長加力爲天即令丑重上行之實長加力甲子索力爲庚乘地力乙丑索力爲辛乘地力所以加於滑車周之索力爲庚乘地力少辛乘地力則有等數

天＝＝（庚丁乾地力角午乾）

子庚加力＝天＝（子丁庚地力角子）

丑辛加力＝天（辛丁丑地力角丑）

子天＝＝（子丁庚）地力

丑天＝＝（辛丁丑）地力

（子丁庚）地力＝天（辛丁丑）地力

此所得二等數一以午乘乾方乘之一以角方乘之併得左式

午乾天角子天＝（子丁丑）地力角丑

天＝＝（子丁丑）地力角丑（子丁丑）地力角丑

甲子乙丑二索力等數如下

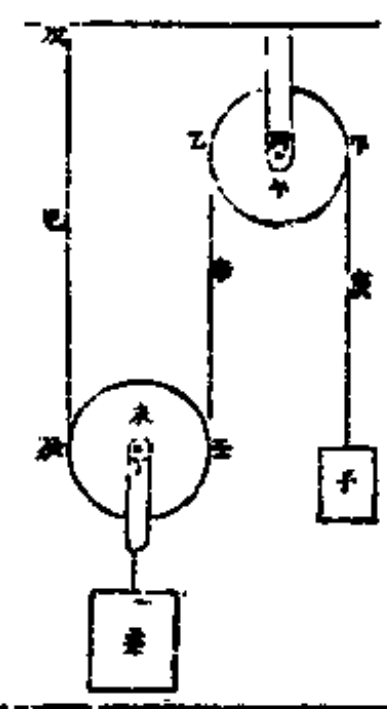
甲子索力＝（子丁丑）地力角丑（子丁丑）地力角丑

乙丑索力＝（子丁丑）地力角丑（子丁丑）地力角丑

由此觀之二索在滑車周索力隨處不同子甲索力有若干分加於滑車令轉其餘分則加於乙丑也

第一款中輪軸半徑設相等則其等數與滑車同

第九款　一動一靜二滑車索平行求長加力



如圖子丑爲二重午未爲二滑車午乘乾方未乘坤方爲質阻率角亢爲二滑車半徑甲子索力爲庚乘地力乙壬索力爲辛乘地力癸戊索力爲己乘地力子長加力爲天午車周實生動長加力亦爲天丑長加力爲天之半因速減半故也設癸爲索上定點未心丁必以子半速上行則癸繞丁點行亦如子半速未車有加力有實力以加力言之辛乘地力已乘地力上行丑乘地力下行（丑重中樞未滑車重）以實力言之丑長加力爲半天未周繞丁長加力亦爲半天故繞丁之力等於天二亢其距軸綫爲一準前款繞丁動率等於天二亢即有等數

（辛壬己）地力＝丑地力＝天二亢

論丁之動率等數如下

（辛丁己）地力＝二未坤亢天三

（辛丁己）地力＝未坤亢天二

二等數幷之得下式

二等地力＝（丑丁辛）地力＝丑五上未坤亢天二

另有等數如下

天＝＝壬丁庚子地力

天子＝＝力地（庚丁子）

天＝＝（庚丁辛）地力午乾

（庚丁辛）地力＝午乾角天

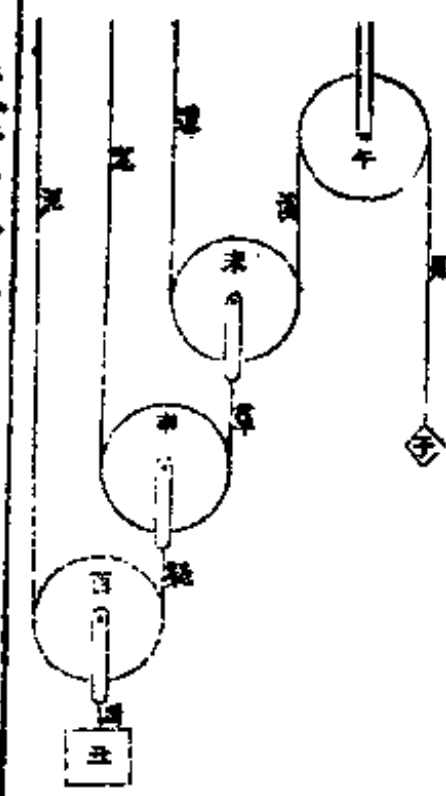
二等數并之得下式

又以前二等數之并改爲下式

以此二式并之得下式

依此等數索力亦可推

第十款 連滑車求長加力



如圖午未申酉一靜諸動連滑車索俱平行午乘乾方未乘坤方申乘震方酉乘巽方爲滑車質阻率用亢氏房爲滑車半徑天爲子實長加力天爲實二爲法爲未長加力天爲實二之平方爲法爲申長加力天爲實二之立方爲法爲酉長加力準前款理亦爲午未申酉周實生動之長加力見溪軍疑端透定泥各乘地力爲索力以上款未車之理論各車有等數

餘倣此移左之質爲右之正又消去透定諸力得下式

子天 = 子地力（子丁見）

天午 = 見地力（見丁溪）

未天 = 溪地力（溪丁巽）

未坤 = 巽地力（巽丁坤）

巽坤 = 坤地力（坤丁震）

巽震 = 震地力（震丁乾）

天巽 = 乾地力（乾丁坎）

天午 = 坎地力（坎丁艮）

餘倣此○遞以左消右得下式

$$\text{子地力} = \frac{\text{天}}{\text{子}} \cdot \frac{\text{午}}{\text{見}} \cdot \frac{\text{未}}{\text{溪}} \cdot \frac{\text{坤}}{\text{巽}} \cdot \frac{\text{震}}{\text{坤}} \cdot \frac{\text{乾}}{\text{震}} \cdot \frac{\text{坎}}{\text{乾}} \cdot \frac{\text{艮}}{\text{坎}} \cdot \frac{\text{天}}{\text{艮}} \cdot \text{天地力}$$

如此等數之理顯矣未索力即舉丑之力故有等數

$$\text{丑地力} = \frac{\text{天}}{\text{丑}} \cdot \text{子地力}$$

$$\text{子地力} = \frac{\text{丑}}{\text{子}} \cdot \text{丑地力}$$

前等數中端乘地力以此消即得子長加力之等數如下

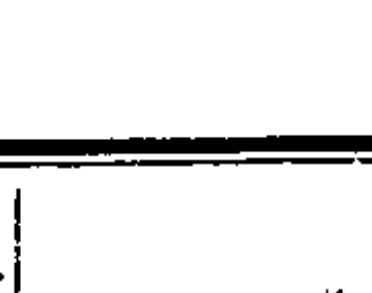
$$\text{天} = \frac{\text{子}}{\text{天}} \cdot \frac{\text{丑}}{\text{子}} \cdot \frac{\text{寅}}{\text{丑}} \cdot \frac{\text{卯}}{\text{寅}} \cdot \frac{\text{辰}}{\text{卯}} \cdot \frac{\text{巳}}{\text{辰}} \cdot \frac{\text{午}}{\text{巳}} \cdot \frac{\text{未}}{\text{午}} \cdot \frac{\text{申}}{\text{未}} \cdot \frac{\text{酉}}{\text{申}} \cdot \frac{\text{戌}}{\text{酉}} \cdot \frac{\text{亥}}{\text{戌}} \cdot \text{子地力}$$

任有若干滑車俱倣此此第一式連滑車也二式三式其理亦同（圖見卷三）

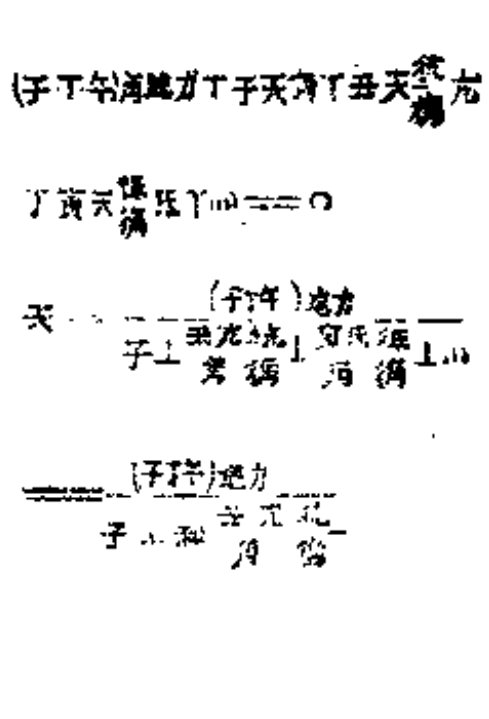
第十一款 不論何器令地力加之各點速之比例率爲定數求長加力

命子爲器之一體設午爲重物加於子體令器不動處處相定則子少午乘地力爲所加生動之力子速爲角丑寅等體諸速爲亢氏等子體上實長加力爲天因諸力之比例爲諸速微分至無窮小時末得數之比例故有等數

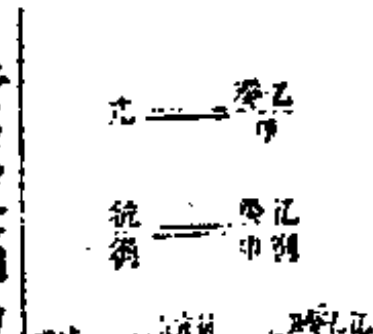
準前款諸相定之能力分兩邊在一箇方向其生動諸力在對面方向有式如下



依微分和分重學論之詳別書若有諸力加於一點恰相定設所加之點微動以微動方向言之諸力諸微路之和必相消恰盡微動能力方向爲正相定力方向爲負本款角尤氏諸速以能力加諸點言之與此理合故有等數



假如器上餘體爲戊令微時中繞定軸微動其動法極如此設命戊重心距定軸爲甲重心速爲乙於戊體上任取丑點其距軸爲癸則其速等於乙甲癸故有等數



所以長加力天在法內以戊言之必有二數如上所求得者是也其一在戊體質之多少其一在戊體乘乾方之質阻率設器上各點之速互相成比例以一點言之取乙等於卯乘角時刻變卯不變則有等數

所以天在法內之二數以戊體言之如下式

又戊體繞重心角速等於乙爲質甲爲法命此數爲亥得二數如下式

本卷諸款之理此款足以該之細觀自明

重學卷十四終

英國艾約瑟口譯
海寧李善蘭筆述

論動面阻力

此卷所用凡皇英利器俱用其制

凡二動體相擊相磨其中必有面阻力能減動速故用若干力當生之動必減小欲生若干動當用之力必加大如載物器或有輪或無輪行時面上皆有面阻力輪之繞行定軸軸上亦有面阻力又物之有樞紐者如運水器內之舌亦有面阻力其理一也面阻力有三等一相磨阻力如載物器行於平面不爲輥動而爲直動無輪車行於雪或泥濘之石路平面行於冰面阻力俱極小不在此例又如軸轉於小孔內又如圓面轉於定點此等處時既久面阻力皆能令物動漸遲而靜欲令長動必藉加力二輥動阻力如圓柱體轉於地平面此阻力較小於相磨阻力以其由兩面相合而生非相磨而生也圓柱轉時阻力之比如抵力之比亦如圓柱全徑之反比即此可見輪愈大則動愈速也三輪轉阻力輪輥於路軸磨於孔輪軸兩周均有阻力任減其一全阻力亦減小故或平厥路或膏厥軸其速略相等也　凡面阻力必等於物動方向對面減速之抵力欲消除之當加抵力於本力方向　靜重學不言力生動加減速但言力令物定然能令物平動之力等於能消阻動之力蓋物有質阻率而無偏動偏靜之性若阻動力或能抵平或盡消去物必以平速前行卷諸款自明　由此而知令物平動之力可用靜重學之理并動理第一例推之

第一款　用等於面阻力之力令物行於地平面上速必恆平

因阻力與推力爲對面相等二力所生之加減速相消恰盡物之前行一似無力加之故仍以本速平動　假如物行於地平面面阻力爲物重三分之一用抵力亦如物重三分之一加於物行方向則物以平速行　令物以平速行之力名曰牽力車輪大小異牽力亦異路之質性異牽力亦異今測得牽力之率石路物重二千斤牽力小者三十二斤大者三十九斤路極不平處至四十八斤火石路英國或用火石鋪路物重千斤牽力六十四斤平鐵軌路牽力或爲物重二百四十分之一或爲三百分之一平石路爲七十分之一石子路爲十五分之一

第二款　物行時面阻力與遲速無涉即有涉亦甚微

近有人用大於牽力之力引物於平面試之知物有平加速然則令物動之力必爲長加力故生動之抵力亦

爲長抵力蓋生動之抵力恆等於牽力面阻力之較因彼力不變故此力亦不變也　又動初之面阻力大於動時之面阻力或云加倍或云若九與二既動以後此阻力永不變也　若載質之物行於平面則行愈速阻力愈大

第三款　車行於路若以同比例率減小路之最大斜面令面阻力減小則當用之牽力亦減小

斜面角正弦減小之比同於牽力減小之比在斜面上令重定之力等於股爲實弦爲法假如斜面二丈最高一尺面阻力不論令重定之力爲重二十分之一此力等於令車以平速動之牽力或恰抵消或更加大斜面阻力可作平面阻力論因抵力略相似也如平面阻力等於一爲實十二爲法斜面最大阻力等於一爲實二十爲法則常牽力爲$\frac{20}{12}$即等於$\frac{5}{3}$最大牽力爲加$\frac{20}{12}$即等於$\frac{5}{3}$也又測得車行最大牽力爲二牽力以三分之二存參　若減小面阻力至等於一爲實六十爲法而斜面不變則常牽力爲$\frac{60}{12}$即等於$\frac{5}{1}$爲四倍常牽力也最大牽力爲加$\frac{60}{12}$即$\frac{5}{1}$

然則常牽力減至五分之一最大牽力減至二分之一無此牽力即不能令車行於此路設減小斜面最大阻力等於一爲實四十五爲法則最大牽力爲$\frac{45}{40}$即$\frac{9}{8}$加$\frac{45}{40}$倍常牽力又三分之一較前所得最大牽力$\frac{5}{3}$爲二十四分之七也設鐵軌路面阻力爲重二百四十分之一斜面上令重定之力爲重二十分之一動初牽力爲$\frac{240}{20}$加$\frac{240}{20}$即$\frac{24}{2}$即斜面上牽力大於平面十三倍然則路有最大斜面雖能減小阻力如鐵軌路亦無益因斜面加牽力太大故也設減小鐵軌路斜面令阻力等於一爲實三百爲法則牽力爲$\frac{240}{300}$加$\frac{240}{300}$即$\frac{24}{30}$較前所得最大牽力$\frac{24}{14}$爲六十五分之九由此觀之設欲平治道路令重車可駕一馬而行必減小斜面不然雖光滑無益必用二馬也

凡用速小則水路利於陸路用速大則陸路利於水路蓋行水路時必以水阻力爲牽力而水阻力漸大比例較大於速方漸大比例若陸路則無論速之大小面阻力恆同也故車或五小時行十里或一小時行十里牽力無異而舟則一小時行十里較五小時行十里者牽力須加至二十五倍

近有人測兩船並重四萬七千零四十斤一船一小時行二里半用牽力七十七斤一船一小時行幾四里用牽力三百零八斤然則速之比例若五與八則水阻力之比例若一與四也速方之比爲二十五與六十四以

較水阻力之比則水阻力大矣設有車無論一乘速乘與船等重陸路面阻力爲寅分重之一以此面阻力作水阻力變大變小與速方變大變小比例恆同重四萬七千零四十斤水行四里水阻力三百零八斤約爲一百五十二分重之一若使水阻力變大變小之比若速方變大變小之比設一小時內用庚速行水路有等數如左

水阻力一一 庚速 元

陸阻力一一 寅 寅

寅乘庚方若小於二千四百三十二（即二千六百五十二相乘之數）則水阻力小於陸阻力設寅爲已知數必有某速令水阻力等於陸阻力漸小於此速水阻力亦漸小漸大於此速水阻力亦漸大如陸阻力爲七十二分重之一速方小於三十三則水路利於陸路蓋凡水速必在一小時六里以內方爲便利再大則不及陸路矣　舟行速至一小時八里以外水阻力增率甚緩與算理不合或云因船太速高出水面故也或云生動於水處處不同水陸二路又有載重之較鐵軌路極光滑車輪抵力不過七千零七十斤石路極光滑車輪抵力不過四千五百斤惟水路抵力視船與水之大小船重并得重等於舟腹入水之等體水重（詳見流質重學）

重學卷十五終

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論諸器利用

用牛馬水火風氣等力可代人力馬牛以引車風水以轉輪而火輪機車出生鐵及煤於礦大火輪機引重於鐵路皆利用也論其要則所生之變動不一而變動之大小可以一律推之蓋力與變動必有可測之比例也凡利用之器其速可以平速論之

第一款　凡用器所加之抵力幾等於所去之阻力以勝重學之理言之

所加抵力爲長加力　如用車抵力等於面阻力加斜面重分力若平路則無重分力用風或牛騾麥磨石轉時其阻力幾等於當用之抵力舉煤及生鐵諸重物舉力必等於所舉重大火輪車動時生抵力於本方向必大於路之面阻力及他阻力究之抵力不過抵平阻力不能生動略加力即生動矣力長加則器可長動今不論動速故生動之力不妨極小與抵平阻力之力無涉抵平阻力之力亦能令器以本有之速平動也　器或不平動速有增減當思有以通之如恆升車一下一舉水再下再舉水利用即減因本盤有阻力故也必另造玉衡兩車相連用時一上一下則水泉湧出力少功倍矣見奇器圖說　外輪之用最廣令外輪動之力或平加或參差加則外輪生力於程功之處亦然外輪乃器之末一輪亦名衆輪

第二款　器之程功以所加之力乘所過之路爲率力增則功亦增比例恆同如車重加倍或所舉之重加倍所過之路不變則所程之功必加倍矣　設所過之路加倍所程之功亦必加倍如引車行六里較三里爲加倍功舉重高二十尺較十尺爲加倍功又如磨石阻力同則兩轉較一轉亦爲加倍功於此可見抵力及路苟有一變則所程之功亦變故程功之率爲力乘路也設所程之功分爲若干等分如舉一千斤高二十尺其功之率爲一千乘二十分一千斤爲十分每分一百斤分二十尺爲二分每分十尺則每百斤兩次舉之初次舉高十尺二次舉又高十尺所程之功等若分一千斤爲百分每分十斤舉之俱高二十尺人工及器每次往還之力俱不論所程之功亦等也可見所程之功與作工遲速無涉

第三款　作工或用器或不用器所程之功等器不論精粗遲速行極微路時作工者加子力於極微

路中生丑力於程功處命加力處之路爲甲程功處之路爲乙以第一款証之子丑二力相平於器上甲乙爲子丑二處同時中當過之路故子乘甲等於丑乘乙而子乘甲即作工者過乙路時分中所程之功丑乘乙乃作工者於同時分中用器所程之功知此款理自明矣

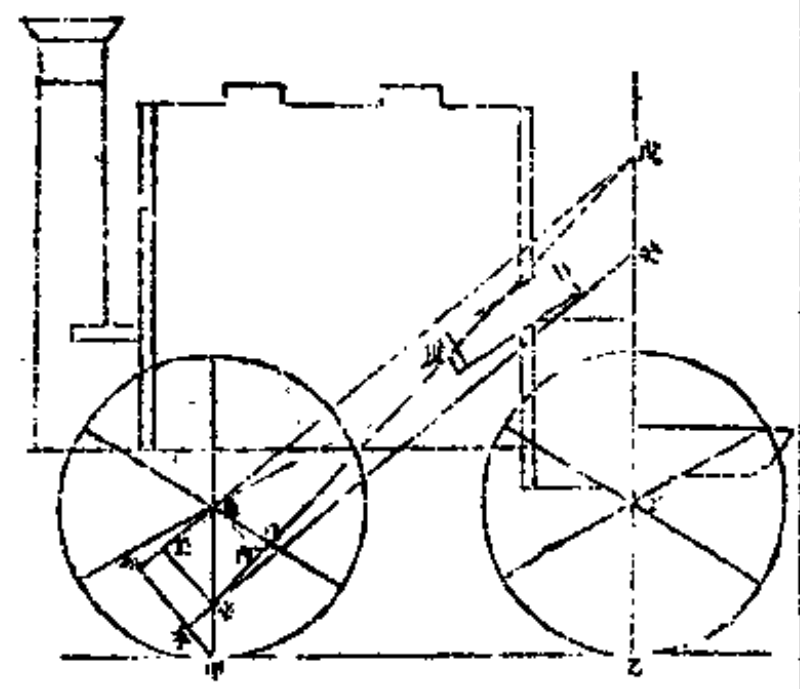
如獄囚一小時中升轉輪梯一千尺設身重一百五十斤所程之功爲舉一百五十斤過一千尺則子乘甲等於一百五十乘一千設其輪爲磨物之器此數仍爲程功之率設直動變爲輕動如火輪之推機令外輪轉行若進退一次輪轉一周則推機抵力即子乘倍推機路即甲等於直加外輪半徑之抵力即丑乘輪周即乙直加輪半徑之抵力即加令器平動諸阻力之對力令不論令輪初動之力但論動時令輪以平速行之力

前論作工以器全力加於程功處有時所生之動爲本力對力之較如火輪車是也

第四款　火輪車加力於輪令輪動車亦動是爲動心輪

當用之力與靜心輪同靜心輪阻力加於輪周故與力同

加圖丙丁爲前後二輪之軸甲乙爲路丙己爲轉軸曲柄用己庚鐵條加於丙己之己點令丙己曲柄與甲丙輪同繞丙軸有二相等對力爲鐵條所生一加於己點一加於庚點設引長己庚遇甲丙於辛遇乙丁於戊則



癸戊丙戊之幷力癸戊消乙點之抵力即丙戊令丙點向戊而行所以有癸辛丙戊二力加於甲丙輪令輪轉於甲乙綫上車動之阻力一如在丙點上其方向直交丙甲命此力爲申作甲未午綫直交丙戊辛癸則諸力及諸阻力以桿理證之必相定命癸辛力即丙戊力爲戌作丙酉綫直交戊辛作辛壬綫直交丙戊又命庚己所出之抵力爲子有等數

一率　子
二率　戊
三率　戊辛　辛壬　午未
四率　戊丙　丙酉　丙酉

子：丙酉＝戊：午未
酉：丙甲＝甲：丙酉
申：丙甲＝戊：午未
未午：戊＝申：丙甲
午：甲未＝未：甲戊
申：丙甲＝戊：午未

如此申戊子三力所出之能等設丙爲定點子力用庚己鐵條及丙己曲柄生動於輪輪周申力爲對力與車行於丙丁綫丙爲動點無異　用庚己條所加之力在丙下爲推力在丙上爲拉力設庚點連於推機以水氣令之動此推拉二力必與推機進退一次相應他利用器其理亦然如舟之櫓當作輪半徑繞行於樞水阻力加於櫓稍與手力進退一次相應

第五款　火輪車以平速行推機抵力乘倍推機路等於阻力乘輪周

命阻力爲申推機上之平抵力爲丑推機路爲辰輪全徑爲巳推機過倍辰輪必一周周上諸點經過之路等於周率乘巳丑與申相平以三卷之理證之有等數

辰丑巳——記號申

本款推機之實抵力爲丑若推機之全抵力爲丑風氣抵力爲卯則實抵力爲丑少卯有等數

申卯記——記號辰

本款只論一推機設有二推機平抵力爲丑等數同前故作工用火輪機器欲測其所程之功與他器同

凡以器作工者器之抵力乘路恆等於所加抵力乘所過之路爲作工者之能率火輪機用煤百斤舉高一尺乘其力若干爲火輪機之能率火輪機當程之功異於實程之功

作工之利用有定質重有流質重有定質凸力有流質流力如水有流質漲力如氣有人畜能力而煤炭爲能力之源能令水化爲氣故也諸能力中不論恆暫俱爲實力者重與漲力是也其他用時則生用過則止若干時中生若干力皆有定率可推

第一論定質重

重卽地力用以生動其利甚廣如用於鐘表能令擺動能令錘動又如大斧劈物又如西國打樁器全用地力凡用物重以生動當程之功爲重乘路假如重千斤下行十尺其功爲一萬若改用器或舉一萬斤高一尺或舉一斤高一萬尺所程之功俱等以其乘得之數相等也

以物重爲生動之力如斜面鐵路用重車下行引輕車上行其下行之車非平動因地力有長加速故也凡生動力與阻力相平於動器上則必平動而此法一上行一下行生動力與阻力平尚不能動必藉他力助之卽地力所生長加速也此爲自行車路法

假如有自行車路高一百尺長四千尺有輕車一千斤以重車四千斤引之上行面阻力爲二百分重之一法

以重較三千斤乘高一百尺得三十萬即當程之功也上行車阻力以一千爲實二百爲法下行車阻力以四千爲實二百爲法并之得二十五斤乘長四千尺得十萬即實程之功也然則當程之功比實程之功多三倍用此較以生動且爲增速之根若阻力爲二十斤下行車力必加多二十斤設重較二千斤斜面高爲一百分長之一則較力與阻力適相平若其高減小即不能引矣用重或全用以生速或用十分之幾以生速以重乘本速當行之垂路爲程功之率列款如左

第六款　不論何器用重生動實程之功等於當程之功重所生之速亦在其中

如午重自甲下墜至丙以前論證之當程之功等於午乘甲丙設不作工全用以生速有等數

則當程之功如下式

$$\text{午速力}\times\text{甲丙}=\text{當程之功}$$

$$\text{午速力}\times\text{甲乙}=\text{實程之功}$$

故也

午下墜時有時用其重之幾分以作工如午重中減去阻力外取未爲用以作工之重乙爲未重初用之點過乙點後午重之垂長加力等於$\frac{\text{未}}{\text{午}}\times\text{地力}$用代地力設戌爲午已過甲乙路在乙點時之速亥爲午過甲乙又過乙丙路在丙點時之速有等數如左

$$\text{午速力}\times\text{甲乙}=\text{實程之功}$$

$$\text{午速力}\times\text{乙丙}=\text{當程之功}$$

$$\text{午速力}\times\text{甲丙}=\text{當程之功}$$

物下墜得亥速時所過之路命爲癸則有等數式

$$\text{癸}=\frac{\text{亥}^2}{\text{地力}}$$

以此易前等數得下式

$$\text{甲丙午}=\frac{\text{亥}^2\times\text{甲乙丙丁}}{\text{地力}\times\text{甲乙}}$$

即實程之功等於當程之功而所生之速亦在丙也蓋午乘癸爲生速所程之功未乘甲丙甲乙較爲除阻力所程之功　動時未或變大變小理仍同蓋甲丙少甲乙爲最微可當墜路之幾分而墜下此路時以未爲定數等數同故未改變大小理仍同也　設分全路爲若干微路一一考之直至動末理亦同　任有若干重若干阻力理總同

設子丑寅爲重丁戊己爲當過之路角亢氐爲子丑寅用所得速當過之路午未申爲抵去阻力之重辛壬癸爲午未申重當過之路推得等數如左

$$\text{子丑寅}=\frac{\text{子丑寅}\times\text{子丑寅}}{\text{地力}}$$

$$\text{子丑寅}=\frac{\text{子丑寅}\times\text{子丑寅}}{\text{地力}}$$

乾坤震爲子丑寅實得之速坎艮巽爲經過丁戊己當得之速酉戌亥爲經過辛壬癸當得之速有等數各體乘本速方之和名全動能以前論證之合體上所加之能設止地力而無他力加之則合體之全動能等

於各體空中下墜之全動能然必加消阻力之力於全動能則本款之理難用蓋當消之阻力難推故也如物相擊相抵改變形狀時用若干動能亦難推也

第二論流質重

用流質重之動力與定質之理同故水當程之功爲水重乘得速當過之路（即水重能過之路）然水之速不能全用以程功故別立法如令水之各點速依垂綫上行至得速當過之路則全速已消盡一如全水不動亦有下行過此路之能故當程之功爲重乘路也若實程之功則因水之各點力互相加減消去全力之幾分此幾分不加於作工之輪而加於他處不能用以程功故無論何水輪或激輪上半或激輪下半實程之功皆少於當程之功以能力之幾分消於不可推之阻力而水中又有橫流之水故也由是論之凡用水輪以舉重如用其全力則水重乘得速當過路等於所舉重乘重所過路而能力中有幾分不能用必增加所用之水力所用水之若干力與速有恆比例而得速當過路與速方有恆比例故所程之功與速立方有比例今英國造器者測得水激上半輪當程功（即所用水力）與實程功比若五與四比（即力不論水激下半輪當程功與實程功比若十與三比）

第三論定質凸力

凸力之利用如巧偶鐘表八音匣之發條能生恆動如弓及捕鳥鼠之巧機能生暫動推發條之功用準繞軸漸卸時所過微路蓋推法任用何點上所加之抵力乘此點所過路爲程功之率而發條動時抵力恆改變故所程之全功等於各微路乘動時各秒中所加抵力之和

第四論氣力（氣動爲風故或稱風氣）

氣之力有二一漲力一動力如風鎗不用火藥用氣漲力故放時無聲如西國煮肉器懸於火前器中有巧機氣感於火生動於機令肉四面旋轉用氣動力也又如風車船帆俱用氣動力推動力與流水之理同推漲力若干氣當程之功等於漲力之幷重乘得速當過之路（路以高下言之）今用風車所程之功推得風力大小之比若速立方大小之比

第五論水氣力

水氣用漲力及被冷熱加減之能（冷則氣縮熱則氣盛）欲知程功之率可如他物之有凸力者推之其與他物不同者數

端詳論如左

火輪器有三種其一水氣化水時令風氣加抵力之器謂之風抵力火輪其二令推機進退之水氣有二路一路水氣方盛水盡化爲氣互爲盛衰此器水氣漲力或能大於風氣漲力其三水氣不化水長令推機向風氣而阻其抵力故水氣漲力必大於風氣漲力此器之力最大

風抵力火輪之制爲推機進退於空柱中有與風氣同漲力之水氣由柱底入令推機行至柱端於是水氣化水推機爲外面風氣所此行至柱底則又放水氣入行至柱端如此進退不已而水氣所程之功在退時而不在進時但進退必互用以成動

第七款　以水立方積一尺化水氣求風抵力火輪當程之功

近時造器者測知與沸水同熱之水氣漲力與風氣等此水氣體較水原體大一千七百十一倍所以水立方積一尺可化水氣立方積一千七百十一尺每方一尺抵力二千一百二十斤設容水氣之器內高一尺底面平方積一千七百十一尺則全抵力爲一千七百十一乘二千一百二十斤即三百六十二萬七千三百二十斤

此氣化水後全抵力在平方積一尺內所以當程之功爲三百六十二萬七千三百二十用英尺英斤

設體高爲實尺有等數

化水後推機必經過實尺然則當程之功仍爲三百六十二萬七千三百二十設推機進行之抵力略大爲甲風氣加於推機之抵力爲乙進退之路爲卯有等數

故一進一退所程之功爲乙乘卯設甲抵力非略大等數亦同　設甲等於半乙則推機進退二能力俱爲乙乘卯之半英國

鐵軌路所用風抵力輪多準此法

第八款　風抵力火輪用煤一斤求當程之功

測得用煤在七斤十斤之間能令立方一尺水所化水氣漲力與風氣等近又測得用煤八十四斤能令立方十尺水化爲水氣用第二測則煤八斤又十分斤之四可化立方一尺水準前款八十四斤煤之功率爲三六二七三二〇〇以八十四除之得四三一八二四爲一斤煤之功率又減轉氣車能力爲全力八分之一又減器不全空阻力及面阻力得實程之功

水與水氣有熱化冷化之別冷化器推機進退由於兩

邊水氣一邊之氣方盛一邊之氣化水此器水氣漲力恆大於風氣漲力最爲利用欲增多其功有二法一令水氣之熱大於沸水之熱則漲力大於風氣漲力此非煤多不能一令水氣漲足自能滿器之空處法於推機過空柱幾分時塞閉管口則已入之水氣漲足令推機行至路末此法功多而煤省較風抵力火輪更妙近時英國所用火輪器空圓柱全徑八十寸當程之功七千〇五十六萬二千八百用煤八十四斤推得用煤一斤能舉一斤重過八十四萬尺用英尺英斤

大抵力火輪推機進退於空圓柱內推機一邊有水氣一邊有外面之風氣而水氣漲力大於風氣漲力令推機向風氣一邊而行至柱端管口立塞水氣入於此邊此邊之管口自開兩邊風水二氣互變令推機復向此邊而行至柱底如此一開一塞推機遂進退不已

第九款　求大抵力火輪當程之功

此必先知用煤一斤可生若干漲力之水氣又必知水氣由鍋至空柱過管口時減去漲力之幾分已知空柱內水氣漲力即可推當程之功設題如左

假如大抵力火輪推機面平方積一百二十七寸又十分寸之二鍋中水氣漲力較風氣漲力每方寸多五十斤推機路二尺行路之輪全徑三十七寸設過路一千一百六十四尺求當程功推機面乘漲力較得六千三百六十斤爲推機上抵力進退之路共四尺故進退一次之功爲六千三百六十乘四行路輪周一百十六寸又百分寸之二十四此輪旋一周推機之抵輪旋十二周有等數英國以十二寸爲一尺

爲過路一千一百六十四尺時推機進退次數

此題之理空柱中水氣漲力與鍋中等

造器者用此題推得行路輪全阻力一千八百二十九斤乘所過路一千一百六十四尺得二百十二萬八千九百五十六爲實程之功實程功與於當程功半由他阻力半由空柱中鍋中漲力不同又推得此器化一尺水用煤十八斤或二十斤

假如用此器之小者空圓柱徑八寸推機路四尺五寸與恆升車見奇器圖說相連恆升車全徑十八寸半推機路四尺五寸舉水廿八尺一小時用煤八十斤一分中推機行十八次求所程功

凡水高一尺每方寸面上之抵力爲千分斤之四百三十四

推機路四尺半乘十八次得八十一尺又以一小時六十分乘之得四千八百六十尺爲一小時所行之路以水重三千二百六十六斤半乘之得一千五百八十七萬五千一百九十爲一小時所程之功以煤八十斤除之得十九萬八千四百三十九又八分之七爲一斤煤所程之功　因恆升車與火器推機路等故抵力必等令二器平然則火器推機上抵力亦三千二百六十六斤半

以推機面除抵力得六十五斤爲每方寸面實抵力卽水氣風氣二漲力之較

火輪車平動時抵力令速恆平蓋阻力與速無涉推機抵力亦與速無涉設車在中道變速而行其漲力在空圜柱內前後略同惟生水氣有遲速之異耳

第十款　大抵力風抵力二火輪用煤之較

大抵力火輪車重二千二百二十斤行一里用煤半斤設面阻力爲二百四十分重之一則二千二百二十斤面阻力爲九斤又四分斤之一一里所程之功爲九又四分之一乘五千二百八十（英國以五千二百八十尺爲一里）得四萬八千八百四十爲半斤煤所程功倍之得九萬七千六百八十爲一斤煤所程功與第八款風抵力火輪一斤煤所程功相較差三十三萬四千一百四十四爲大抵力小於風抵力之功　用倍大大抵力火輪所程之功與所用之煤比例略同程功不論遲速蓋功之遲速由於水化氣之遲速氣非別氣乃應有若干漲力之氣故鍋面受火愈多速愈大風愈急速亦愈大若能令無用之水氣盡出氣門風必增急可令速增至無窮大求化氣遲速當另設款今不具論

第六論人畜能力

人或升梯或登山必以足力舉己之身

假如山高一萬尺人登其巔身重一百五十斤求所程功以一萬乘一百五十得一百五十萬卽功也

假如腳夫舉重六十八斤升梯高三十六尺一日六十六次身重一百四十斤求所程功

以三十六尺乘六十六得二千三百七十六爲路總六十八加一百四十得二百〇八爲重總重總乘路總得四十九萬四千二百〇八爲所程功其少於前題者身外有他重故也身外之重愈少則人力愈有用又此題有下行前題無下行也

假如舉錘打樁錘重一千二百九十五斤舉高四尺七寸六分每日三十八人作工十小時一小時舉三百六十次求一人一日之功

以十小時乘次數得三千六百爲總次以錘重乘之得四百六十六萬二千爲總重又以舉高乘之得二千二百十九萬一千一百二十爲實三十八人爲法除之得五十八萬三千九百七十七即功也

假如有人用力十五斤半於一分中轉輪二十次能力所加之周七尺五寸四分每日作工六小時求所程功

以三百六十分乘二十次得七千二百爲總次以用力乘之得十一萬一千六百又以輪周乘之得八十四萬一千四百六十四即功也

假如有人舉重三百七十斤一分中升高十尺求所程功

以十尺乘三百七十得三千七百即功也

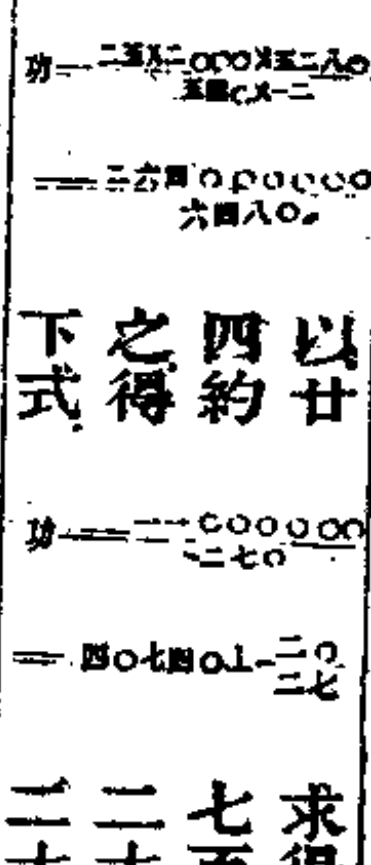
假如有人舉重五百五十斤一分中升高十尺每日作工六小時求所程功

以三百六十分乘五百五十又以十尺乘之得一百九十八萬即功也

假如井中有物重二百斤以索過滑車令馬引之凡八小時而出一小時行二里半求所程功

以八小時乘二里半得二十即舉二百斤過二十里也以里法五千二百八十尺乘之得十萬〇五千六百又以二百斤乘之得二千一百十二萬即功也

假如馬在平地引重二千斤九小而行廿五里阻力爲十二分重之一求一分中所程功



或云馬力能於一分中舉五百五十斤過四十尺即二萬二千斤過一尺爲馬力之率

第十一款　人畜能力之較

人畜能力以靜體爲最大行則力必減小行至極速則人畜之力不能程功僅能令身動耳

假如命人速寫午用以引重速變大則力小速變小則力大其式如左

測驗而知

設午爲○則人不行力爲二十八斤若一小時行四里則力減至二里則力減爲十二斤一小時行四里則力減至三斤而一小時行六里爲極速之限速至限則力減盡無功可程矣　欲知程功若干用所有之力乘一小時所過之路其式如左

里　功

故人速一小時二里所程之功爲最大

命馬速率爲午（即一小時所過路）其式如左

設午爲○則馬不動力爲一百四十四斤設一小時行一里則力減爲一百二十一斤一分中所過路等於五千一百八十尺爲實六十分爲法實如法而一得八十八尺以力一百二十一乘之得一萬○六百四十八爲一分中所程功　設一小時行四里則力減爲六十四斤一分中所過路等於五千二百八十尺爲實十五分爲法實如法而一得三百五十二尺以力六十四乘之得二萬二千五百二十八爲一分中所程功

假如有車重一萬六千斤行於平路用八馬引之一小時行二里半每日行八小時求一馬一日所程之功

設阻力爲十二分重之一則有式

設車重四千斤一小時行十里則必十馬引之每日行二小時一馬之功爲四百斤乘二十里即四千斤乘二里所程之功較前僅得五之一車速故也

善蘭案題與款不合蓋又一說兩存之也

第十二款　人畜與火輪煤能力之較

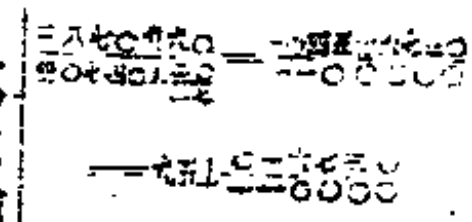
準前論用煤一斤能力八十四萬而一人一日中出能力一百五十萬則人一日之能力約倍於煤一斤之能力

準前論火輪推機上抵力乘一分中所過路爲一分中所程功而推機上抵力與推機面積或方或圓俱有極比例設用風氣抵力其可用之力爲五斤又十分斤之九即可求推機上之抵力推機爲風氣抵力所加行盡空柱中之路爲半次一進一退爲一次以一分中次數乘倍路爲一分中全路設題如左

假如風抵力火輪器方柱空徑九十寸推機路九尺一分

中進退九次所程之功較馬力多若干倍

方徑自之得八千一百以風氣抵力乘之得四萬七千七百九十爲推機抵力又以九尺乘九次得八十一尺爲全路以乘推機抵力得三百八十七萬〇九百九十爲實以前平地引重過馬力所程功爲法除之如左式



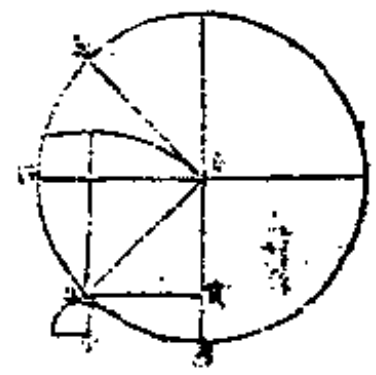
求得一分中火輪之功大於馬之功九十五倍强

第七論車過阻物力

車以平速行於平路其加於車動方向綫上之力必等於面阻力若以平速上行於斜面則力必等於面阻力加重之分力車之各點必以平速行於平綫設有加減則由能力加於輪軸而生蓋車之全質阻力一如收於輪軸上之力點也

車行平路突遇阻物如小石類不能行於直綫如車體甚堅阻物與輪周僅遇於一點則過此點時輪心必行於弧綫而以此點爲心過後仍行於直綫也凡車過阻物時必減速欲令速不減必別加力

第十三款　令堅車過阻物速不變當用若干能力



如圖心丙心丑心辰心卯皆輪半徑丑丁爲阻物高輪過阻時丑心與丁綫心丙相交之角必以阻物高爲正矢（寅丙等於丑丁故）丑心半徑必環繞丑點而輪心新變路與平綫心辰相交之角亦必以阻物高爲正矢（卯心辰與丑心丙二角等故）命此角爲亢車之平速爲甲輪心初行平綫忽變方向成亢角時必減速所餘之速等於甲乘亢角餘弦以前卷相擊之理證之命輪半徑爲乙阻物高爲子平路長阻力爲戊車過阻物時方向綫上之能力爲己車質阻力爲午此力收於輪心在曲綫時與平綫等曲綫上不論何點俱有地力之分力加於車動方向綫上命此分力爲庚則上行時之全長加力有等數

一　變時中之變速爲定數

$\frac{\text{庚}}{\text{午}}$　所生增速與不定數

庚所生減速之較

命曲綫最高點之速爲丁自最卑至最高之路爲辛路第八卷在最高點時加減之速過辛路時必變則有等數

因 $\frac{\text{己丁戊}}{\text{午}}$ 之能力加之故也　子為最高至最卑之垂路則逐方之加減為倍地力乘子也而甲乘亢角餘弦為最卑點之速故有等數

欲令車在最高點時之速與未遇阻物時等則丁必等於甲而亢角餘弦必等於 $\frac{\text{乙丁子}}{\text{乙}}$ 故有等數

與辛弧相應之地平綫等於乙乘亢角正弦則辛弧即等於乙乘亢角度設平路上有阻力戊

則當用之能力有等數

此令車速不變當用之力與未遇阻物時之力相較等數如左

因亢弧甚小亢正弦立方以上諸數可以不論故較力等數如下式

此右邊第一項為上行路所加能力之分力第二項為忽改方向震動時所加能力之分力

車過阻物震阻重阻二力之較比例如下

設子小於乙可去之則比例變為下式

若地力乘乙小於甲方則地力之阻力必小於車震之阻力車之本速大於車過阻時之速

假如有車一小時行十里輪徑四尺求過阻物時震阻重阻二力之較

先求一秒中之路等數如下

得一秒中十四尺又三之二乃依上所定術用數推之

約得震重二阻力之比若一百廿一與三十六之比

車之震阻力可以法消去之法用鋼條作墊二層下層彎向上上層彎向下若二弓對合下層附于軸上層以承車身過阻物時軸向上行車身下壓鋼墊略平復凸車身不震也輪心所行之綫由直而曲由曲而直初無定限可推故前款中車速減小自甲至於甲乘亢角餘弦若用鋼墊則無此減速設鋼墊加力於車之綫與輪

心所行之綫恆成直角則能令車改方向而不改速然則用鋼墊之車過阻物時但加抵地力分力之力而不用抵震阻力分力之力較無鋼墊車之加力減大半也

車過阻物後仍行平路之理

前論堅車過阻物用若干能力有等數如下

命最卑點之速為癸則有等數

$$癸=甲\left(\text{癸餘弦}\right)^2+\frac{己丁戊}{午}\left(\text{子力}\right)\text{辛下地力子}$$

$$\text{辛}^2\left(\text{子力}\right)=\text{辛}^2\left(\text{子力}\right)+\frac{己丁戊}{午}\text{辛下地力子}=癸$$

車之下行弧綫等於上行弧綫此二弧綫與地平成角必等車仍行平路時癸減小有等數

然則車之前後二速必等故癸乘亢餘弦等於甲也

$$\text{癸餘弦}=\text{甲}$$

亢餘弦仍易為子甚小可簡去之則有式

用此能力以過阻物是為加力若無阻物不用此力其重分力為○蓋下行所加略等於上行所減故也

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}\right)^2+\frac{己丁戊}{午}\left(\text{癸餘弦}\right)^2\text{辛}$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

$$\text{子}=\text{癸餘弦}\left(\text{癸餘弦}+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\right)$$

設如石路似有無數阻物連縣不斷車之輪心恆不行於地平而行於弧綫各弧之心為各石之頂點設各弧俱等與地平成丑角則輪心離此弧至彼弧以倍丑角為改變方向之率而丑角必甚小

第十四款　無鋼墊車行於石路自抵消阻力之力外當加若干力令車以平速行

仍命弧綫之最高速為丁餘亦同前有等數

因車行近後弧綫時之速等於癸乘倍丑角餘弦至後弧最高點時速仍為丁故有等數如左

$$\text{癸}=\text{丁}^2+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)$$

當另加能力令仍如故有等數

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)+\frac{己丁戊}{午}\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(1+\frac{己丁戊}{午}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)$$

$$\text{子力地力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)$$

因丑正弦立方以上諸數甚小可不用故有左式

$$\text{當加力}=\text{辛}\left(\text{子力地力}\right)\left(\text{丑正弦}\right)^2$$

因丑角甚小餘弦幾等于一故可省又角之矢甚小可不論故有式

$$\text{丑正弦}=\sqrt{\frac{\text{壬}}{\text{乙}}}$$

$$\text{癸}=\text{子}$$

$$\text{當加力}=\frac{\text{壬子}}{\text{乙}}$$

路不平滑當加力以消其阻力此力與速力恆有比例又與石高恆有正比例與輪半徑恆有反比例　用鋼墊可減小加力車行亦不震動蓋鋼墊有凸力善消不平鋼墊愈柔震愈小輪行有上下車體無上下車與路俱可不傷法之盡善者也

重學卷十六終

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論相擊抵力之理

前論相擊爲暫時之抵力今論歷時之久暫由於體質之剛柔如以錘擊木墩墩上抵力因錘與木之相遇而生故鐵錘之力大於紗球鐵墩所抵之能大於軟枕而錘之能力消於墩之抵力其所歷之時刻又有不同時刻愈小抵力必愈大而物性受凹愈少者時刻亦愈小蓋其時刻自兩面相遇至錘心最近所擊物心而止受凹愈少則所過之路愈小故時刻亦愈小其阻錘之對力必愈大也

欲明此理必先定凹力凸力一切諸率今權命受擊物實之率爲甲所凹之路爲天則所用之力爲$\frac{天}{甲}$即受擊物所抵定之能力又若乙爲錘質之率地爲面之凹路則$\frac{地}{乙}$爲錘擊物所出之能

第一款　此物擊彼物二物愈剛所出之力愈大

仿以$\frac{天}{甲}$　$\frac{地}{乙}$爲錘與受擊物所出之能此二能必等

命錘重爲子初遇時之速爲$\frac{地乙}{天甲}$

丑錘心所過路爲寅寅路生於兩物之凹故有等數

$$\frac{地乙}{天甲}=\frac{子}{丑}$$

$$地=\frac{子丑}{天甲}$$

$$\frac{地乙}{天甲}=\frac{子丑}{天甲}=寅$$

$$天=\frac{甲寅}{乙丑}$$

$$地=\frac{乙寅}{甲丑}$$

加於子之抵力有等數

$$\frac{地乙}{子抵力}=\frac{子丑}{子抵力}$$

令子速減少之抵力有等數

$$\frac{地乙}{阻子力}=\frac{子丑}{阻子力}=\frac{寅}{乙丑}\times\frac{地乙}{子丑}=\frac{寅}{乙丑}$$

依第八卷所定之等數則有左式

$$\frac{速子}{速若}=\frac{子力}{若力}$$

命定數爲丙則

$$\frac{速子}{速若}=\frac{子力}{若力}=\frac{寅}{乙丑}\times\frac{子力}{若力}=丙$$

若路等於○則

$$速=\frac{寅}{乙丑}=丙$$

若速等於○則

$$有=\frac{速}{\sqrt{\frac{乙丑}{地方}}}$$

此時錘之全速消盡凸力最大抵力亦最大

$$\frac{速}{\sqrt{\frac{乙丑}{地方}}}=\frac{寅}{乙丑}=\frac{寅}{乙丑}\times\sqrt{\frac{乙丑}{地方}}=\frac{寅}{\sqrt{地方乙丑}}$$

路漸增速漸減有等數

$$速=\frac{寅}{乙丑}\times\frac{乙丑}{寅}=丑$$

物初遇錘時抵力爲○漸增至等于

$$\frac{寅}{\sqrt{地方乙丑}}$$

爲最大也

設凹分爲已知之數體質愈剛則凹分之凸力愈大甲乙愈小由此而知所出之能力與錘重平方根恆有比例也

此論所擊物爲不可動故有此最大抵力若物能動抵力必小於此矣試以平力擊小物令物動於平力之對面方向物重及質阻率可不論物小故速設款如左

第二款　以錘擊釘令入他物求所過路大小

命阻力爲卯錘釘初遇時釘不動至錘與釘相凹所生之能等於卯則釘動矣等數如左

則相凹之力等於卯命錘之速爲癸則釘動時有等數

初動以後錘與釘俱前行恆爲阻力所阻直至錘力消盡而止命錘釘路爲申有等數

若申等於（）則或丑方小等數如此下而釘數亦不進然

設丑甚大則釘所過路與釘之剛柔無涉　設丑僅能令釘動則或加剛於錘或加剛於釘所過之路必驟大

設阻力令釘不能入而所釘之物與釘俱行與釘柔之理同乙必加大始能入物故剛釘之入物必深於柔釘也

動限等數如下

錘釘俱剛則甲乙俱小而小錘用小速所出之能等於大抵力卯所出之能故大錘擊堅木釘其能與十四萬斤之抵力略等

前論甲乙大小由於錘與物之剛柔命物之全徑爲丁有戊力加之或凹入或凸出有等數

生凹天面之力如下式

設戊力即物質則戊爲凸力率質愈堅凸力率愈大甲亦愈小編載凸力率爲九百萬尺

假如用鐵錘以高生速擊鐵墩求凹深若干

鐵錘之重以鐵柱爲率鐵柱之底爲錘墩相遇之面設錘爲平行諸面體壬爲其長有等數

設墩厚爲角在所擊之方向綫上

命路爲寅則有等數

設錘長四分尺之一下行八尺墩厚二尺則其式如左

即一千分尺之一爲錘墩其凹之路

設欲求最大抵力必用前所得之等數

故最大抵力等於四千尺高之鐵柱壓力

設錘墩遇面方寸抵力等於立方積四萬八千方寸之

壓力即重一萬二千斤强

假如鐵釘入木阻力等於鐵柱之重柱之底面與釘頭遇錘之面等命長爲己求釘入木路大小

釘長爲角以前證之有等數

因角小於壬故又有等數

釘入木之路減小爲因剛不足故也

劈入他物若論阻力亦可依本卷例推之　天平一邊有重一邊用物自若干高投入空盤令彼重上升物重若干亦可以此理推之　用相擊能力以消阻力動定之時擊力亦當適盡不然即不可推　於鐵板中鑿穴亦用此法　打洋錢亦用此法　加重於桿之一端以轉螺旋欲擊螺旋令之忽停所加之力必甚大蓋用相擊能力乃欲於一霎時中消去質之重速故必用最大能力　設於堅石中開一穴擊鐵條令入穴錘擊數次後消去阻力則石可隨鐵條而起若柔石則不能蓋堅石所凹甚微擊時所消阻力甚大柔石則阻力不甚大擊時鐵與石互相讓也堅石中所去阻力即鐵條起石之力較柔石中阻力以數倍計

重學卷十七終

英國艾約瑟口譯
海寧李善蘭筆述

總論

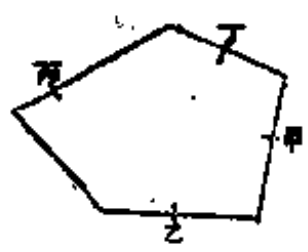
金木土等類爲定質氣水等類爲流質定質之各點凡體皆無數細點所積而成重定不移流質之各點周流無定定質滯力大流質滯力微也流質有二曰輕流質如氣氣勃成風波之一名風氣類是也曰重流質如油水水銀及五金鎔液之類是也流質有二力曰互攝力曰互推力二力略相等重流質亦微有滯力何以明之凡濺水空中必略如球體不竟成球體者各點互相攝引外面諸物亦相攝引故也又試以平面體加于流質上舉時必增力此其證也所增之力即爲滯力率輕重二質理多同者如熱則體增大寒則體減小此其一也測各物之性以定體增減之率而水之體性特異至極寒時體反增大用法輪海所造寒暑表測之寒漸增水體漸減小至四十度爲減小限乃質多體少之極處此時水之質最密若寒再增水體復漸增大至三十二度而成冰矣當成冰一霎時中體增大最多亦最速瓶盎因水進裂測是故也

論縮力

昔人論水不能令縮意大里亞弗羅倫之地多格致士嘗用空金球滿貯水密封無隙用器四面擠之水必透金出如微露點點云水不能令縮之據也今細窮其理此不足據只可云令水透金易于令水縮耳水實可縮何以明之試以瓶貯淡水密封口沈海底出驗之水必變鹹蓋由淡水縮海水入之故因思瓶之口塞必先入乃揪法用銅瓶置分釐尺于口塞旁驗縮入若干乃有定率如法測得水深五千尺水體積縮二十分之一因其可縮而知水有凸力瓶出海時口塞必復原處是水先縮後長有凸力也凡物縮之球體疾行相擊擊點必微凹即凸以令變疾回謂之凸力曰安知非銅瓶改變形狀之故耶曰瓶之內外抵力同必無改變形狀之理故決定爲水之縮也

論抵力

定質流質抵力不同定質抵力靜動只有一箇方向即加能力之方向是也流質抵力處處皆其方向如以水滿貯牛胃手執其口執處抵力與各處抵力等蓋任在何處所出抵力必遍于各處與互相攝引之理無涉



如甲丙爲滿貯水器于甲乙丙丁四面上各開相等小穴用短柱塞之勿太緊令可進退如甲柱漸進則乙丙丁諸柱必漸退欲令不退必用等于甲柱之力阻之乙丙

丁穴任在何處皆同觀此而知抵力處處加于流質抵力之比必同于小穴大小之比每柱抵力可作諸餘柱抵力并力假如器之一面用相等若干柱代之若一柱加于流質之抵力爲一斤則全面抵力同于柱數乘一斤用此理造水抵力器設大柱大于小柱一千倍小柱抵力一斤可抵大柱一千斤故凡流質可當作通抵力之器別器通力有定方向流質任何方向俱同火機器鐵鍋中水極沸時水氣漲大恐鍋裂任于鍋上預開小穴掩以機板能自開閉水氣抵力太大鍋欲裂時機板即自開水氣即洩亦此理也 設有鐵鍋每徑寸之小圓面能抵二十斤抵力過此即裂或火盛或機停水氣驟長抵力增至二十一斤機板即自開水氣即洩洩至水氣抵力少一斤機板即自閉小穴任開于何處皆同此所謂等通抵力 流質滿貯器中密封之即有此理器之功用聚流質各點于一處以令抵力加于流質之各處俱等若流質不滿貯器中則亦須論流質本重本重抵力加于下面愈下愈大四周所加抵力不論上下處處皆等

論流質面形狀

流質在滿貯密封之器中流質面之形狀即器內面之形狀今欲明流質自然所成之面試貯流質于相通諸器中諸面高下必俱在一箇地平面上此其見其知也以理推之乃地心攝引力加于同距心之流質大小俱等而然凡諸物相近距地心等可作在一箇地平面上論蓋諸流質之面爲平于地平之面則地心力加于各點俱等各點必俱定設面非平于地平則地心力加于各點有較多較少之處而處處有不等之抵力來往其中流質全體不定矣因此而知設四周俱定必有一小面可作地平面不問何流質爲地心力攝引理俱同如風氣小面亦必平于地平非特地力任有何能力加于流質流質各點之面必直交各點諸能力之并力線以此理爲據合無窮小面必成球面小面爲地平面全面爲球面然略近球面而非正球面也蓋地球旋轉生離心力離心力及地心攝力合生并力水面必直交并力所以海面及地面當近赤道處曲于球形當二極處平于球形又近高山處水之定面形狀恆稍變必直交所加諸能力之并力月過處月力合地心力亦生并力并力方向異于地心力方向必令水面改變即潮汐之理也故水面恆直交于并力并力動水面亦動也水及水銀貯器中其面異近邊處水必略高水銀必略低貯小管中近口之面水銀必凸水必凹此何故蓋另有二

力一流質諸點互相合力一流質與器口諸點點相合力流質面直交二合力之并力并力愈大曲度愈多（互攝力不論遠近俱有互合力惟近有之）

論平面

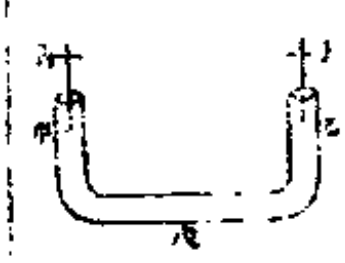
水之平面以小面言之與地平面略無差別若統論其大面如海及江湖即大不同地平面乃恆爲平面之切面何爲平面乃水爲地心力攝引自然所成形狀之面也地球可作球形論（兼略圓陸地之面必有高卑海面定時無高今弗計）卑故海面爲平曲度之球面測量而知其如此準地心攝引之理推之亦當如此若作別形狀則面不能定矣蓋面之諸點離地心不等則加于諸點之攝引力亦必不等故必成球體乃俱相定也是以球面爲定面今作平面論之設地面皆水則止一箇平面今因有陸地高卑不止一箇平面諸平面離心遠近不等而最大者爲洋面他平面俱以此爲準（他海面亦有高卑與洋面同以地平線爲準半徑與地心距地心相等故爲準）

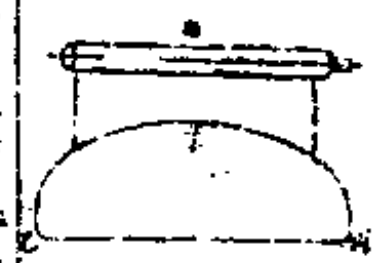
論二處流質相通必升至本平面

一箇平面上諸點距地心等則地心力加之亦必等所以諸點若不在一箇平面不能定昔人運水入城必作引水橋路工費極大今改用長管或地中或地面不論方向曲折引之此有一要法聚水處必高于城中流水處能依此法以管千百支分引之雖岑樓之上取之裕如我英倫頓國都街道之下數千百里皆埋水管家家引取入廚無行汲于戶外者　試用相通多器別于平面大小形狀不必同以水入一器必通於諸器且其面必彼此相平

論平準器

平準器亦即前條之理也欲知兩地高卑平否必用平準器

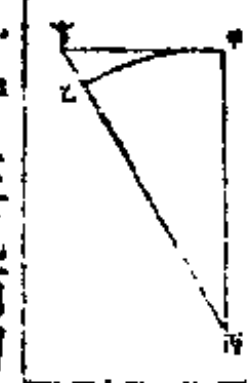




如甲戊乙爲水平準兩端彎向上貯水其中水面浮甲乙二板板上立卑丙乙丁二柱長短必等丙丁二點作二小穴或置二小木籤用時人目在丙筒平望丁筒必在一箇地平線上因甲乙水面平故也

又如甲乙丙爲燒酒平準（所用之酒必蒸過之酒乙丙爲玻璃罐下面平上面微凸貯酒其中微令不滿密封之不滿處有氣泡恆在最高點下面若平于地平泡恰當凸面之中心如丁若置器不平一邊略高泡即離丁點而至側邊之高點視泡在丁點否即知器平于地平否其上置遠鏡如甲遠鏡（遠鏡線即平行線）平行于罐底罐底平于地平時人目窺遠鏡所見之物俱在一箇地平面上（此器亦有無遠鏡者）用燒酒取其不冰也凡與大工不能缺此器

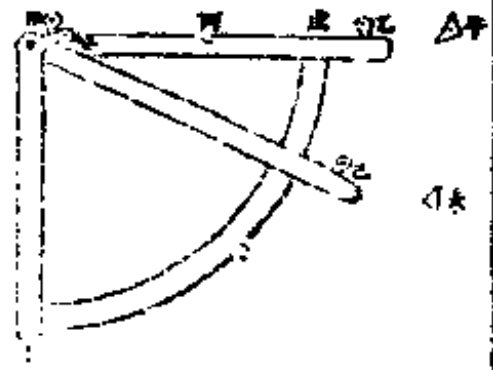
設在山中有彼此兩地欲測在一箇地平面上之點先于此處任取一點平置燒酒準令泡在丁點用遠鏡測



彼處之點即得如此既有二同地平點餘處高卑只可以此為準彼處地平點必在遠鏡所見點下如遠鏡所見點為丁丁在地面切線甲丁上甲乙為其地面見平面之故乙為甲之眞同而點丁為甲之視同面點丁乙為視眞較測得甲乙用三角術推之即得乙丁

如欲知所觀之物下距地平線若干度須以象限儀附于平準之下合為一器測之

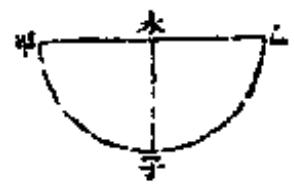
如甲乙為平準設甲乙平于地平時氣泡在丙目在甲穴窺乙穴所見之物為午問午與甲乙同一地平面丁



戊為象限儀癸己為活準著于甲點旋轉于丁戊設目在癸穴窺見末物在己穴之外查乙己度即得若末在甲乙午地平面之上須以器倒置之合甲己線出甲乙線之上窺物小穴中間界以細線以免視度有小差

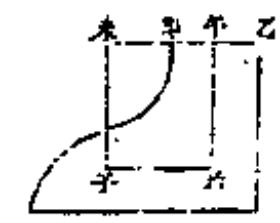
論流質抵力愈深愈大

前論流質體為地心力及他力所加所成形狀其面恆直交于諸力之并力線今論流質各點因地所生之抵力流質愈深抵力愈大蓋流質定于器中各層流點自下而上俱為地力所加澄然不動因各點抵力大小相併相抵故也如此地力加于流質各點其各點抵力加于下面一點而此抵力通于四周方向欲知流質壓于平面即地平面抵力若干當以流質高乘面積得體積其重即平面抵力也設面為六方尺流質體高三尺所求抵力等于流質十八立方尺之重以水言之每立方尺重六十二斤半計全抵力一千一百二十五斤英斤



如子為下面一點甲乙為水面因水之各點俱定故自未至子諸點可當作一條線直交甲乙水面當水定時此線與四面之水一似不相聯屬四面之水一如定質但此線為流質而子點抵力僅為子未線上各點抵力所生各點向下之力必經過未子線加于子點故子點抵力為全線各點向下力之和即各點之全重故線愈長即水愈深抵力愈大也

如子點不正當甲乙水面之下作于丑線平行于水面作丑午線直交水面準前說于丑丑午諸質點當作二線與四面之水一似無涉丑點抵力為丑午線上諸點

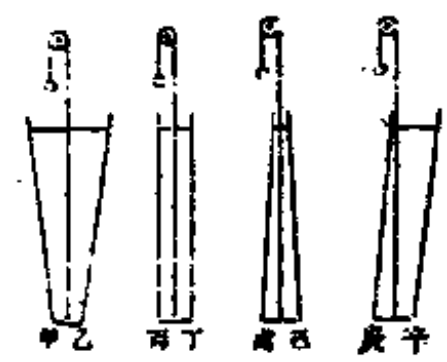


之全重子點抵力爲丑點由丑子線通過之抵力蓋丑子平行于流質面故離地心等子丑之重必等故子點抵力等于丑點抵力面子點抵力大小以子未長短爲準故子點任在何處抵力以水深論無異也

論任何面上流質之抵力

觀上條之理而知流質任何點其抵力必等于上面垂線各點向下力之和因各垂線向下力方向俱平行故任何面沈于流質中可推面上之全抵力貯流質器之面任割取一小面亦可推測以本面爲底以本面重心距流質面爲高高乘底得體積命此體積爲流質柱柱重等于面上全抵力此爲已知之理欲得其詳酌用算術推之

如甲乙未午酉申丙丁爲兩箇相等截頂圓錐器一順一倒貯水其中求底面抵力及旁面抵力有兩流質柱底等于抵水之面高等于底面重心距水面之線一爲子甲乙丑一爲寅丙丁卯因兩箇抵水之面重心距水面等故也惟旁面之重心其深淺不等上一圖甚近底如己下一圖略高如戊重心高卑大異所以截錐器倒置之則重等于抵力之流質柱卑順置之則高甲乙底之抵力大于所貯流質重丙丁底之抵力小于所貯流質重瀉水于順置之截錐器中設器之質體輕水力必令器上升因地心力小于抵力故也

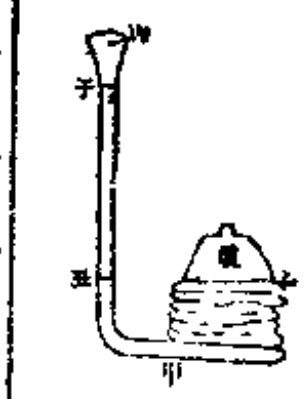


如上四圖爲四貯水器甲乙丙丁戊己庚辛四底面等上面向下抵力大時底必有欲開令水流出之勢試作四活底以索着活底之心經過滑車一端懸重則重爲底面上抵力之率四重大小必等乃以水徐徐入四器中令水高時時相等測知四底必同時欲開卽水柱重等于滑車懸重之時也各器水柱抵力皆卽器底乘水高之體積重不論器爲何形狀俱同故甲乙戊己底面抵力等雖甲乙器大于戊己器不論也此理似非而實是也

論水橐籥

水橐籥上下用二木板四周綴以牛皮令不透水傍用籥管以入水

如圖于管口丙入水水流至甲令上板乙上升以重加于乙升至不可升之時乙板向上之抵力與重并板重

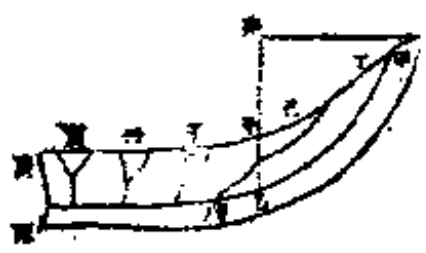


必通全體以相等抵力加于各處等面設乙板面大于箭管口面即丑一千倍則丑點上一斤重能抵定乙板上一千斤重如欲令所抵之重加大至無限量其法有三一增大木板一減小管面一增長管高可用極小水力抵極大重若用水銀質重于水則所抵之重更大用風氣亦妙人立于板上向管吹氣能令板載己身上行

向下之抵力必相定當相定時設于為籥管中水高丑與槖中水高等則子丑一段水體之重即推起槖上全重之能力于丑水體加抵力于丑面

論泉穴

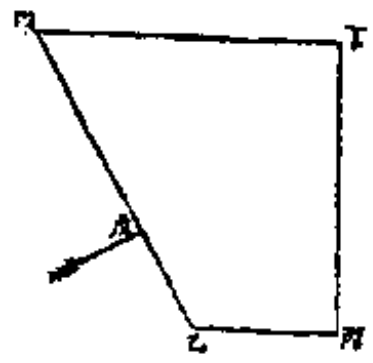
土中有泉穴穴中之泉從土中向上直行嘗觀開井有時水躍出高于地面數尺與上條之理同蓋地球之外皮土石各層處處高卑不同故也



如庚丙甲為地球外皮一段甲乙丙為沙子滿中皆水上有不通水之堅土如丁戊堅土至戊點而盡己庚為常土與沙子連則水必上升欲與甲點平故有子丑寅諸泉穴虛線即泉脈設欲于辛點開井必掘深至乙（穿過丁戊堅土也）掘至乙時水必躍出至卯高與甲等設甲乙一層沙子在山邊則水躍之高必如地中抵力之率設有泉脈從山頂通山腹山腹四周俱不通水積成數百尺高之水體加大抵力于四周四周土石不能抵必開裂而成瀑布

論流質抵力心

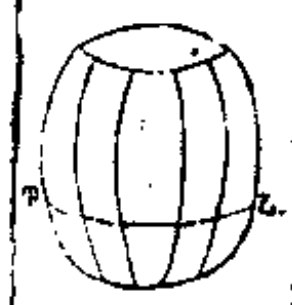
流質體所加諸力可以并力代之并力所加之點為抵力心假如貯水器之底面為地平面則底面并力點與重心無異因力方向皆平行并力方向俱同故也若貯水器旁面之抵力心必在重心之下設旁面為平行四邊形抵力心之高為三分面高之一設為等腰三角形倒置之抵力心之高為面之中垂線二分之一正置之則為四分之一



如甲乙為貯水器平行四邊形旁面此面活動不連于器取甲戊為甲乙三分之二但于戊點加一抵力可令全面不動

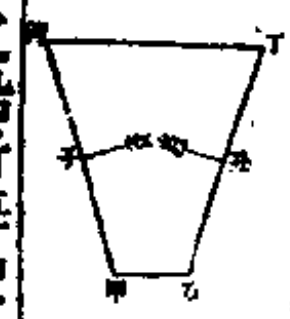
設器為桶旁有活面用條木支于外所支點離底亦為三分桶高之一活面即不動凡水工明抵力心之理為第一要務造水閘不用此理則不堅固蓋水閘當抵力

心點必多加能力以阻下面之水



論旁面抵力

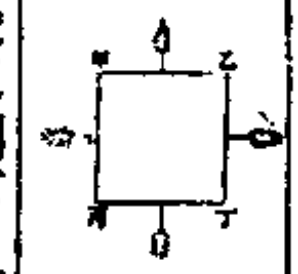
水貯器中旁面抵力兩邊相平相定故滿貯水器無偏動于一邊之勢設于此邊開一小穴器必向彼邊自倒因去一邊之抵力故也



如甲乙丁丙爲貯水器于丑抵力相定設于丑點開小穴則丑點無抵力子點抵力如故必令器向子點一邊自倒推之船行梅中後面放水可令船向前也因此亦可明火箭之理藥筒火發筒中四周爲大抵力所加前後二面相定開其後面則後面抵力散于空中前面無相當抵力故令火箭向前而飛

論物浸流質中之理

觀定質物浸入流質中似與地力攝引之理不合如竹木之類入水必升鐵入水銀必升炊煙在風氣中或升或降雲浮風氣上與輕物浮于水無異昔希臘國彌底推得其理謂物入流質中必變輕所減本重等于等體流質重設立方體入流質中上下面平于地平（即平行于流質面）立體諸面之各點必爲流質抵力所抵



如圖甲乙丙丁爲立方體四矢爲四面抵力方向甲丙及乙丁旁面抵力必相等且相對故相抵相消甲乙面所抵上邊之向下力等于甲乙面至流質面之流質柱重丙丁面所抵下邊之向上力等于等體流質重加上面抵力如此則加于立體者有二能力一本重有令體向下之勢一上下二面抵力之較有令體向上之勢設此二能力相等立體必定設不相等立體或升或降視本重或大或小于對面能力（即上下面二抵力之較）爲準

論物入流質中減重之理

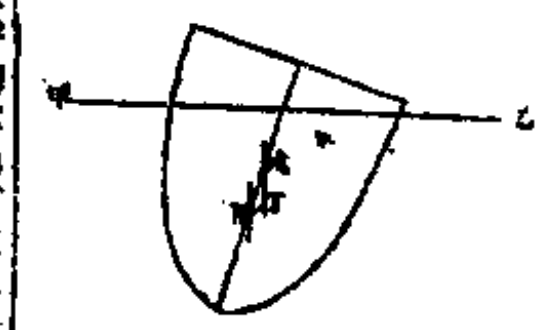
物入流質中觀所減之重必因流質載之而然蓋物未入之前有等體流質先在物所居之處（凡流質愈深處愈重）此等體流質可當作定質體與四面流質一似不相連屬先在物所居之處不動因有向上抵力恰等于體重抵定之故也所以物入居之而定必有向上抵力載之物重必等于先所居之等體流質重如此凡物入流質中物重若等于先所居等體流質重必相定而物重即減盡設物重大于等體流質重物必下降設物重小于等體流質重物必上升是則物體定于流質中必等于流質同重之體因物入時所

讓開之流質其重必等于物本重故也

論相定之理

設定質物爲正方體各點質重停勻則如上條所言物重等于等體流質重物即定此第一要理也若非正方體各點質重又不停勻則當用重心有二重心一定質物重心一等體流質重心定質本重一如收于定質重心爲向下之力等體流質重一如收于流質重心爲向上之力此二二力方向平行且對面若二力相等又在一箇垂線上則物必定

如甲乙爲流質面丙爲定質重心丁爲等體流質重心定質重爲經過丙點之垂力等體流質重爲經過丁點向上之力此二方向不合爲一線物不能定物定時丙丁戊必同在一箇垂線上故定質重心與流質重心必在一箇垂線上物乃定此第二要理也二要理外更有定心定不定心定之理約言之定質重心愈下愈近定心定所以船底必鎮以鐵石之類令定質重心下于等體流質重心也小舟中人起立時易傾側因定質重心高爲不定心定也



論等體重

用前條物入流質之理可測諸定質之等體重諸定質體相等輕重各異由于質重各異也如方寸鐵或方寸金重于方寸水又如一瓶水銀重于一瓶水欲測各質等體異重之率法甚難今以水較之則甚易凡定質入流質中必減重用算術推之有比例

一率　所減之重

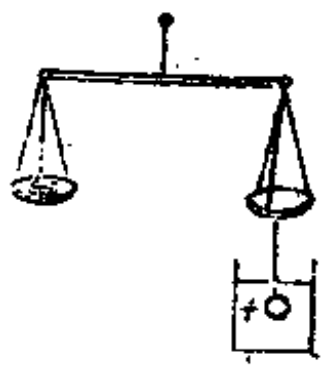
二率　全重

三率　流質等體重

四率　定質等體重

依此比例諸異質體可于一箇流質內測其輕重察其減重若干即可推得其等體重用以定諸質體輕重率甚便也

測等體重用天平如圖天平一邊之銅盤出細線以繫物先以常法平之視有若干重次入物水中平之視有若干重二重較爲等體水重乃以本重爲實等體水重爲法實如法而一爲物之等體重率



如有金本重三十五分入水中變爲三十一分所少四分即水之等體重乃置三十五爲實以四爲法除之得

八七五卽金之等體重率

論物在流質中或升或降之理

設不合上條中要理則物在流質中必或升或降以物本重或大或小于等體流質重故也令物升降之力等于物本重與等體流質重之較凡輕物或木箱錫箱牛胃等物中有風氣入水中必升浮水面卽此理也用此等物可起深水中之重物如大舶沈水中欲起之用木箱滿貯水入船底兩旁用皮條或繩搭住以長氣機管取出箱中之水箱卽舉船而起舉船之力卽二等體重之較也魚在水中能自升降者因腹中有風氣胞能大能小故升降甚便欲升時風氣胞漲大令等體流質重大于魚身重卽升欲降時風氣胞縮小令等體流質重小于魚身重卽降人入水中等體流質重亦大于身本重又胸中空處能大能小胸放大可令兩重較更增大設誤落水但昂其頭胸必放大且以兩手入水則必不沈若手出水則等體流質重減小小于身本重頭必沈矣身既下沈直至水底抵力能減縮身之體積則身本重大于等體流質重不能復升矣凡自高下墜入水必深縮力加多身之體積驟減小亦不能復升也死後體漲大復升浮水面因等體流質重大于本重故也氣球上升亦此理令球上升之力卽球本重與等體氣重之較初作氣球時用熱氣冷熱二氣其重較不小等體冷氣重大于熱氣并所帶或船或車重球必上升矣近時氣球中所用氣以法煉之其重小于常氣四五倍故球上升又速又高水中小氣泡上升亦卽此理愈近水面泡愈增大所撼動之水體亦愈近水面愈大也此有二理一水愈深抵力愈大一氣凸力之比同于等體空之反比

論熱氣上升之理

聚火處開煙囪令煙速出于上亦前條之理也熱氣輕于等體冷氣當漸熱時體必加大所以撼動冷氣漸多卽等體冷氣重漸大二重之較卽令熱氣上升之力又入口中所出之氣亦常上升煙中有無數細黑點故可見他熱氣無此黑點故不能見也煙囪若高能成熱氣長柱而動力甚大譬以長木入深水其上升速于短木數倍也故煙囪一百五十尺高較五十尺高出烟幾倍速又高煙囪之煙向上直升恆高于頂若于尺外面風力不能敵低煙囪之煙有時不敵外面風力卽不能出有反入室中之患英國造布火機房及冶房煉藥房等處必建高煙囪因此也出煙專用此大煙囪各處之火用小煙囪通入大煙囪令下面有熱氣長柱其大動力可代橐籥故諸火俱極旺若諸火俱滅一時不能復然因氣不流通須先用枯草或刨

花入大煙囱中燒之令氣漸熱復成長柱然後流通諸火乃可復然也

重學卷十八終

83冊 91/626

英國艾約瑟口譯
海寧李善蘭筆述

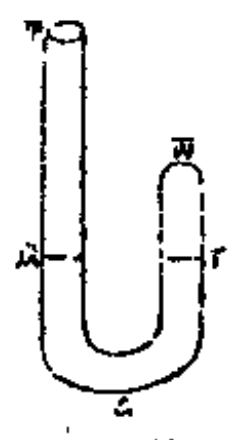
論輕流質

前卷中論流質抵力及物入流質中所言流質不分輕重因地力所加理無異也然輕流質之理有與地力無涉而爲諸質點互推力所生者今詳論之諸流質中凡屬氣類非水類即有互推力此力乃成風之根故諸質點互相加力之理與定質異并與重流質異定質中諸點之力互相擁擠令諸點各居本處不能移動重流質中諸點之力僅能令諸點于各平面互相往來一無阻礙惟輕流質中諸點之力能令諸點四面散行直至遇物阻攔而止故器內有氣必加抵力于器之四面然則氣之定時必有外來之力抵定諸點若諸點之推力與外來之力稍不相等即不能定矣此抵定之力名氣漲力與地心力無涉故氣可作無輕重論而凡氣閉于器中必生抵力于四周曰設于器上開小穴當穴處無抵定漲力之面加此氣動乎外氣入乎內氣出乎抑內外俱不動乎曰內外氣輕重冷熱等則俱不動內外二力相抵定若輕重冷熱異則不能相抵定而動矣其動依大力之方向

論漲力

凡氣之冷熱不變則漲力大小與所處空體之大小恆有反比例此理英國鮑以勒始發之凡氣漲力與抵力恆等試用長空圓柱其兩端一塞一通以通之一端倒入水中漸下則柱中氣所處空體爲水逼漸小故令柱下行之力必漸加大而令柱下行之力即柱口與氣漲力相抵之力亦即氣之漲力所處空體愈小漲力愈大故空體與漲力恆有反比例也用推機進退空柱中理同若寒暑表熱度加大漲力亦加大則比例又不同

又測法如圖甲乙丙玻璃管自甲漸以水銀入之能擠



乙丙之氣令漸小縮入丙丁空體丙水銀愈增丙丁之空體愈小甲戊中水銀重即爲丙丁中氣漲力之率如法驗之與上空柱入水所測合不論何氣其體質厚薄與空體大小恆有反比例何謂厚薄體質多而密爲厚質少而疎爲薄所處空體愈小則愈厚愈大則愈薄漲力大小與體質厚薄有正比例與空體有反比例

玻璃罩內之氣用氣機管出之氣漸出所留者復漲大仍充滿罩中故漸薄每推機進退一次氣必遞薄一次而漲

力必遞小至漲力小極時不能開掩機則氣不能復出矣故氣機管不能出盡罩內之氣也又有倒氣機管其用與氣機管相反能令氣擠入器中愈入愈厚漲力亦愈大至漲力大極時外面之氣不能復擠入謂之定限前所言體質厚薄與漲力大小有正比例者用此器測而知之風鎗即此理鎗內有小空體擠氣令漸入體質愈多愈厚漲力愈大發鉛子猛烈與火藥等

恆升車內用氣匣最易顯氣之漲力古時恆升車不能令水常流不息近加氣匣內有氣與外不通先擠水入此匣內然後上升則常流不息矣蓋水入時能擠小匣內之氣以生漲力令水由小管上升小管與恆升車所舉水同高故能不息也氣匣之用甚廣火輪器用之可免炸裂之患可免霎時機停令器壞之患又能令全器相切之諸面歷久不壞救火之水龍亦用之而用之最大者莫如引水筩于一小房中用火機及氣匣以引水而一大城中數十萬煙戶無出汲之勞并不必蓄水高處省人工無數器之利用無過于此者

流質漲力之妙用莫如大抵力火機凡水熱至寒暑表二百十二度水必化氣其漲力與尋常氣漲力等若再增熱度則水氣漲力極大雖至堅之器不能當之故熱度大于二百十二度謂之大抵力火機其漲力非尋常氣漲力可比此力為諸巧機之根用之造器歷數十世不能盡其巧法

論各種氣分合之理

包地球外之氣非一種也乃各種氣相和而成可以法分之合之俱有精理而與地心力無涉試以二瓶一貯水母氣一貯炭氣水母氣最輕炭氣最重以輕者居上重者居下各啓瓶口對合之須臾水母氣下降炭氣上升和洽極勻設貯氣之器有隙通外氣則內氣必出外氣必入內外相和其出入處方向對面而不相礙

英國達爾敦嘗細察此理知輕流質本有互相推盪之理若輕流質為兩種氣即無此理蓋兩輕流質彼此互視俱如空體故此氣質點流入他氣質點中不相阻礙但有點與點相擊之微細阻礙一如水入沙中亦如風透薄紗也凡二氣此氣漲大時他氣諸點之質阻率能減小此氣諸點之動速迨二氣和洽後則諸點僅能加抵力于本氣之諸點此論能解難解之理蓋屢測輕流質相合時恆與地力之理相反如炭氣重于水母氣二十二倍輕者居上重者居下能相和洽此理最難解者得此論始釋然矣近人復以法攷之用水和燒酒以器盛之置玻璃罩內以氣機

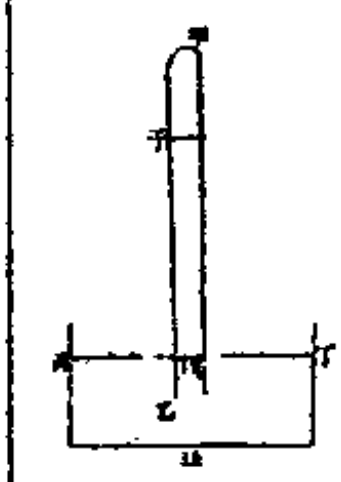
管漸出罩內之氣合薄則二物必俱漸化爲氣以補之至罩內氣質復厚漲力復原則二物不復化氣乃以石灰入罩內水所化氣必與石灰合無乃體質復薄水復化氣而罩內有石灰所化氣復與之合如此可使器內之水盡化爲氣與石灰合至僅存燒酒而止然則水氣足卽能阻水之化氣燒酒氣足卽能阻燒酒之化氣去一氣留一氣則一無阻之者故復化氣一有阻之者故不復化氣蓋二物各有化氣之能各不相雜此可證達爾敦所言之理甚確也

論地球外有風氣包之

地球外有氣四圍包裹何以知之地面處處有雲浮行空中且處處有風又仰觀最高山頂亦有雲有風雲外蔚藍無際此氣厚之證試觀深水澄碧一色同此理也若無氣仰視空中必純黑無色而晝夜俱能見星矣包地球之氣不論何地不論何時亦不論高卑爲諸氣和洽而成恆同諸氣中淡養二氣爲多他氣俱甚微加一氣之力有二諸點互相撼動推盪之力一地心力合諸點相定

論氣抵力

地心力加于氣所生抵力以輕重論與重流質之理同故力大小與深淺有正比例是也自地平面至氣盡界氣之積最深故最重地漸高則氣漸淺亦漸輕也明崇禎十三年伽離略始測定氣之重其門人據此以發明恆升車水升之理測氣之器卽風雨表也其法用玻璃管長英尺三十二寸兩端一通一塞滿貯水銀倒植水銀器中管中水銀必降下最卑至二十八寸最高至三十一寸而定升降逐時不同管之內徑不得小于八分寸之一其水銀必極淨又必擇最精者凡用法作空此管之空最眞玻璃管高不至二十九寸水銀必升至頂而無空若管高過二十九寸卽有空欲求其故試置風雨表于玻璃罩內以氣機管出其氣則水銀必漸降再放氣入則水銀必漸升觀此可知水銀定于管中者因氣之重擠之令不能降也既明此理卽可用水銀柱高爲氣之重率



如圖甲乙玻璃管倒置丙丑丁器中丙丁爲器中水銀面子戊爲氣重力所擠不能降之水銀柱設柱徑爲八分寸之一以丙丁面分作與柱底相等之若干小面則各小面向上之抵力必等于子戊水銀柱向下之抵力各小面上之氣向下抵力必與向上抵力等故氣柱徑八分寸之一其重與戊子水銀柱等彼此可互爲輕重之率

風雨表可當作水銀平準前所論燒酒平準止能于同平面高卑處用之若非同平面高卑則當以大平原爲高卑之準而以海面爲準者更精更確此必以風雨表測之如在海面水銀高二十九寸九分二釐二毫至山上水銀必降蓋即上所論氣淺而輕故也深壑中水銀必升氣深而重故也約略高九百英尺水銀降一寸山高一萬八千尺水銀柱高十四寸九分六釐一毫山高三萬六千尺水銀柱高七寸四分八釐○一依此用連比例任若干高俱可推也

論氣若逐層等質當若干高

前論因氣爲流質不論在何點抵力與柱長恒有比例又氣爲輕流質其厚薄與抵力亦恒有比例然則地面抵力最大氣之質最厚漸高則抵力漸小質亦漸薄矣氣質厚薄上下逐層不同故高卑不可測設上面之氣擠緊令厚薄皆與地面等則依法推之其高約得五里英國每里五千二百八十英尺約等中國三里有奇故以抵力論之若氣質逐層等則其高約得中國十五里

一率　氣厚薄

二率　水銀高

三率　水銀厚薄

四率　氣高

氣之質厚薄恒有小變故抵力亦恒有小變必以中數爲準用大小不同徑之水銀柱比較知之有方寸面水銀柱即知方寸面氣抵力凡水銀方寸體積重七兩八錢五分三十二寸重二百五十一兩二錢即十五斤十分斤之七爲方寸面氣抵力之率計人之身有氣三萬斤重壓之而人不覺者因通體互相抵定故也其抵定之理有二一流質通抵力處處如一一氣漲力與質之厚薄恒有正比例與所處空體恒有反比例人身外邊氣抵力四面擁擠與身內氣之漲力相抵定設外抵力略大身之所處空體必略小內之漲力必略大內外二力仍相抵定如海底採珠者入水十六尺外抵力加半倍三十二尺加一倍身體擠小內之漲力亦加大半倍一倍故不害也醫者爲病人打火罐罐中有火時氣因熱漲大而質薄打後火滅而冷氣質不能變厚漲力小不能與身內之漲力相抵定故罐口皮肉俱腫漲

寒暑表水沸時熱度以氣抵力爲準若無氣水沸時熱度必甚小氣抵力時有小變故水沸熱度亦時有小變

論倒器口風氣抵力

倒器中能令水倒懸不出者因器口有氣抵力抵定故也試以有底之管貯水于中以底向上倒懸之水必不出若

以法令水面不動各點俱定則無論器大小俱可倒懸水必不出試用破璃碗滿貯水貼紙于碗口徐倒之紙下有氣抵力必能令上面之水不出蓋用紙貼之能令水面諸小點不移動故也若以此器平覆几上去其紙水猶不出微舉離几水即盡出于几上

據此可明吸酒管之理吸酒管內兩邊倒懸之水俱欲下行在頂點有兩分之意而頂點無空勢不能分其不能有空者因氣力擠之若頂點高三十二英尺（英國以十二寸為一尺中國一尺約抵英尺十四寸）即空矣故極大之吸水管高不得過三十二英尺此器中有二抵力一在長端之口一在又一端之水面二水柱一自長端口至頂點一自水面至頂點長短不齊兩端水皆滿水柱長者重必令短者倒流而上遂流轉不息而吸管中水恆滿也蓋吸管中水動之力因氣加于所吸之水面而生若吸管中水不滿必有中分之處而因氣抵力擠之令水恆滿不能中分也故水之過吸管其理一如極光滑之鍊索懸於一點兩端不齊自能滑過卸下也若兩端齊即不動一端略長短者必隨長者而動矣水在吸管中亦然令兩邊水柱等長水必不斷亦不動故若令一端之水面與一端之口在一箇地平面上水必不流轉也

論氣層層包裹之理

觀前論流質相定之理即可明氣層層包裹之理氣之中間不論何點其質之厚薄與抵力大小恆有正比例以此推之離地面漸高必漸薄其外疑有盡界其盡界必略如球而然則其盡界之面必與洋面平行故太空之氣與大洋之水俱為流質海其旋轉及地心力攝引之理俱同所以氣之盡界必為平球面地球而至氣之盡界自內至外逐層分為無數球面氣定時其抵力其厚薄其冷熱每面上必處處相同試于一面上任取二點二點之抵力同厚薄冷熱亦同則氣必定氣球為無數同心球面自小至大包疊而成逐層球面自內至外厚薄由漸而變層層不同言光差之理者以先明無數球面之理為最要事

論風

上論相定言其理耳氣球為流質大海必無處處相定之時蓋氣之本性最易流動故若一點略有撼動即傳之各處俱不能定而成風矣風之起其最大之因為太陽晝夜往來感動之故其他所因俱甚小蓋氣定時逐層之而冷熱俱同太陽能亂其冷熱十二時中從太陽中所來之熱氣刻刻不同而冷熱又有因于地勢而變者而氣遂不能定矣各處緯度異冷熱亦因之而異蓋向日之正斜不同

也赤道之地太陽常過天頂兩極之地半年有日半年無日若于二地取相等二小面其受熱氣多寡懸絕矣正居日下熱氣正射則熱多若斜射則熱少愈斜則愈少赤道北緯四十五度之地冬與夏所受熱氣其較甚大非冬遠日而夏近日也日之正射斜射異也故離赤道漸南漸北之地一年中熱氣中率必以漸而變俱可推定或有不合必因地勢之故而合者居多赤道之地一年熱氣中率寒暑表八十四度倫敦小寒大寒時三十六度小暑至處暑六十一度一年中中率五十度距赤道北七十六度四十五分之地中率十八度七十八度之地中率十六度準此推之北極之地中率約四度然則近赤道一帶之氣較他處必甚熱故體積加多蓋熱度增體必漲大故也而因漲大則必輕于他處之氣故必上升而其下兩旁之冷氣來補之復受熱氣漲大上升兩旁復有冷氣來補之于是赤道上升之氣如流之不斷南北來補之氣亦如流之不斷遂生上下二潮上自赤道流向二極下自二極流向赤道而名之曰風地球面有常風上潮若無他故則北半球恆南風南半球恆北風下潮若無他故則北半球恆北風南半球恆南風而因地球每日自轉風亦隨之而轉丁潮近赤道地球緯度之速漸大風不能追及一若退行故北半球變東北風南半球變東南風赤道左右三十度內常常如此海船最易行至近赤道風從東來之路漸消而盡蓋已得地球之速故一若無風或僅正南北風上潮有時降行地面亦成常風在北溫道外恆爲西南風在南溫道外恆爲西北風此一因于地球自轉一因于上潮方向也蓋上潮有向東之速乃地球赤道上自轉所生故北溫道外上潮向東之速大于北方諸地而向東之速迨熱氣消盡必下降至地面而所得赤道之速尚未消盡仍大于各地面之本速故既至地面即爲大西南風也在南半球則爲大西北風

攷驗上潮有二據大西洋海中有高山名德內黎非山巔與山脚之風方向恰對面又海中火山頂噴煙焰方向與海面之風亦對面蓋煙焰初出山頂在氣之下潮中其力甚猛直上不動及入上潮力漸衰乃隨風之方向而橫行也準此測得上潮之行甚速或云海中常有颶風其故亦因于此蓋上下方向對面遂成迴旋之風也竊意東南東北二常風久之其力定能減小地球自轉之速雖小阻力積久能成大也幸上潮時時降行地面消去其阻力故不變也蓋地球面上恆有此類相等諸能力雖時地不同而無加減也又中國東海之風夏常西南冬常東北亦即此

理因太陽緯度而異也其大略可類推

論氣之盡界

包地球外之氣若無盡界日月諸行星亦兼包于內則大陽居氣球之中亦仍與地球外氣球理同然以意度之而知氣有盡界不兼包日月諸行星也何則蓋氣之漲力能推諸點向外行令漸遠地心其方向與地心力恰對面漸高則漲力必漸小直至漲力與地心力相等之處則氣之諸點不能復相推而有盡界矣漲力漸小又因漸高漸冷之故以此二理推之氣之盡界當不及一百五十里近時格致家言氣或有盡界或無盡界未有確據未可强定

論氣球合諸氣而成

包地之氣合諸氣而成乃化學家之理也計百分氣中有養氣二十分或二十一分淡氣七十九分或八十分二氣和洽而成非變化而成故氣在化學中獨異非若他物合諸質體變化而成也氣中又有炭氣水氣然俱甚微諸氣和洽而成包地之氣故氣球中有養氣球淡氣球炭氣球水氣球尚有他氣攷驗未明諸氣球各自充滿各不相礙設去其一餘仍如故也各氣視他氣皆若質之視空此理甚微妙不易解也

重學卷十九終

重學 卷九

83-44-91-42

英國艾約瑟口譯
海甯李善蘭筆述

論流質之動

凡流質之動與定質理無異設有流質一段不連他物空中下墜必與定質同如雨點及貯流質器下墜是其證也故知有氣一段四面俱空不連他氣墜地時必整然與石無異又流質擺動亦與定質同故擺錘中多有用水銀者若曲玻璃管滿水其中擺動時一如定質其二端之動比若二管長短平方根之比于此益可信重學之動理

論流質出口遲速

凡器中流質出器口入氣中行成柱體若無物阻之其柱之面恆不變當出口時各質點之速等于空中下墜已過若干路所當得之速用此理推得二事一出口時速之大小由于口離流質面之深淺不由于本質之厚薄故諸流質空中下墜俱同速也如水與水銀出口時若口之離面深淺同其速之大小亦同然當口處水銀下壓之力甚大于水設口離面三十二英尺水上面所加之抵力等于地面之氣常抵力而水銀十三倍之一同流質出口速之大小比若經過之高平方根之大小比蓋各物空中下墜每秒中速之比若經過之高平方根之比故也如有貯水器一百尺高旁開二口一離水面一尺一離水面一百尺則流出之速下口必十倍于上口若于二口中間離水面四尺九尺十六尺二十五尺等處又開各口其流出之速必二倍三倍四倍五倍于離面一尺之口然用此理測量流出之速必略減不能恰合蓋尚有面阻力上所論之理與面阻力無涉若欲知其定速必細測面阻力所減若干已測定一口則餘口可推算而知也

出口之速與多有定比例如一秒中下口較上口其流出之多加若干倍則其速亦必加若干倍故實程之工等于當口處抵力大小當程之工也此凡與水同類不能縮之物皆然若能縮之物則不然又流質之上面若氣之常抵力外又另有抵力合流質之面與口氣之抵力不同則加高器中流質柱推之蓋流質自器中出入氣中其上面必有抵力傳于口傳于口之力與口外氣阻出口之抵力同故流質自器瀉入氣中無異于在真空中下墜（如玻璃管內抽出氣而成真空）若流質上面別加抵力如以砧迫之之類則出口處必增速與多欲知增若干其比例當以同輕重加高之流質柱為率若上面抵力減少小于口外氣抵力則流質出口不易海船中水桶必有二口一在上面一在下旁水出

時必有氣在器中水面其漲力加水柱重之力必略大于口外氣抵力若略小水必不出所以上面必有通氣之口也

論流質出口形狀

凡流質出口在器底必直向下行在器旁必依拋物線行皆作柱狀而漸縮設口爲徑寸之平圓則所作柱狀近口處亦必徑寸漸遠漸縮最小至八分寸之五謂之小平圓截面流質各點出口時俱欲向此截面此面距口有一定遠近過此面則柱之形狀不變矣其故蓋由出口之流質處處遲速不同之故設流質各點用同速行其方向皆平行于柱軸則自出口至地形狀如一矣乃器中之水必用無數方向流至口故出口有倒尖錐之理錐尖在口外即當小平圓截面之處流質各點俱欲向錐尖之點故擠成小截面也無論在器底在器旁皆然尖錐形狀視口之形狀及截面距口遠近而異截流柱爲無數截面口爲平圓則諸截面皆爲平圓口爲正方則諸截面形狀不一略遠口諸角俱無再遠則爲八角形有四大邊四小邊俱相等再遠則爲八等邊形而諸邊微曲漸近平圓再遠則爲四曲邊形凹面向外若口爲他形狀則流柱之變狀又不同其故皆生于各點在器中趨口之方向測流質出口多少不用口面積而用截面積約爲口八分之五

論助口管

接小管于口外能令流質出口加多管之形狀可任意爲之若圓柱形與口大小同加于器底方向爲垂先將流質充滿其中則出口視前較多若不先充滿則流柱仍如前漸遠漸縮不能着管之邊而管爲無用最妙者用二尖錐形管以二尖相連近口之錐與流柱形狀同外錐加長其底口與原口等流質至小平圓截面處遇外錐流柱必由小而漸大用此管流質之出多于前若十五與十之比此助口管之妙用也蓋外錐加長則下面各點之速大于上面各點又有相分之勢則中有空處各點不擁擠故流出加速又口外每有氣之擠力阻之用此管能去此病也

論流質阻力

凡物行于流質中必生阻力阻力之大小視流質之厚薄及行之遲速若用小速行于薄流質中阻力幾等于無若速大如礮子之類則阻力亦大必能減速又物緩行水中阻力極小漸速阻力亦漸大如船初行一小時一里繼二里繼三里水之阻力必漸大其漸大之比若速方漸大之比故一小時船行二里之阻力必四倍一小時行一里之阻力而一小時行三里則阻力必九倍也物之面有受阻

力多者有受阻力少者欲求阻力最少之面理有多端如船尾當作若何形狀雖船首當若干遠船腹當作若何形狀今攷驗尚未明也

物行流質中推其阻力不同者有二一物或全在水中或半在水中一或行于闊處或行于狹處俱不同也故上所論水阻力漸大之理有時竟不合者如一小時行四五里有常阻力與上論合若于狹處一小時行十二里至十四里阻力反變小或幾等于無則不合矣又舟載人約七十五至九十用二馬牽之一小時行十里馬不病若一小時行六里馬必斃阻力反大也且一小時行十五里較易于六里其故由于船頭激生之浪其動法因遲速而異愈速則船出水愈高故阻力愈小又水面大小與船大小亦有一定比例

凡氣加于闊面其阻力可以輕氣球下墜時用傘之理明之輕氣球下必綴以傘下墜時為氣所阻故幾秒後不復增速傘與人俱用平速而下又鳥之飛亦藉此阻力阻力加于翅尾如舟柁以正方向

論流質動之功用

流質以動加于定質與以定質擊定質無異故必生動于定質可以定質受擊之理論之其擊力之大小視流質之動率大小最大之浪擊船有時能令錨索絕風一小時行六里人幾不覺行八十里至一百里則能拔木發屋凡風帆風碓輪水碓輪之作皆本此理也

流質之動有時忽止所生之變其比例若止動時分之反比例與定質理同然流定二質轉動之理不同流質忽然不動所生之變必轉傳于各處如用多管通于積水處一管開令水出不論用何速若驟令水停所生之變各管俱知面積等則生等變脆薄處必破裂西國各城用轉水管若大管中水忽停流數里外小管一時俱裂用此理可激水上射至極高處

論川中水流

水流于川遲速不同其故多端底有高卑邊有曲直又有面阻力及他故俱能減流速且令改方向開港若高卑同且甚直流速最易推凡水流上面速于下面中流速于兩邊因底及兩岸有面阻力且多曲處故也通水管中流速不同亦然用面阻力推之能知一小時管中過若干水凡港之灣凸邊之流速于凹邊此生于各點互離心力能令水積于凸邊故也水之上下面非但速不同或方向亦異甚至方向對面亦有之如通海之港潮來時鹹水從下入淡水從上出是也鹹在下淡在上者輕重異故也故油入

水必上浮熱水入冷水亦必上浮凡大川入海離口若干里海面之水俱淡然下必鹹也

論浪

浪乃略高之水行于水面凡一浪行于水面各小而以次相傳俱生高卑動立海岸觀浪一若水向海邊流然水行未必依此方向水在浪中僅有向上或墜下之方向其本方向或與浪同或與浪對而水與浪之方向各不相涉故舟在水面日經過數千浪或不行或因風前行或因水前行全不關浪也又浮木水面浪雖推擊木不行然則浪不能動水面之物故水不因浪行浪自行水自行也浪長浪落水不過向上向下行初未嘗橫行人見水面浪行方向以爲水行者誤矣

深潭止水投小石必感動水面變空圓浪經過水之通面若投二石各爲浪心生二圓浪必相遇遇時各不變方向無相阻力也凡疊浪先生者必高于後生者如是遞卑至于無浪遇物阻浪不能向前則阻物復爲浪心生半圓回浪回浪遇本浪與二石所生二浪相遇無異也浪速之比例亦可推如水邊距投石處十尺浪自浪心行二秒至水邊則一秒行五尺即浪速

浪每因風而生浪之高卑于水之深水圓二三百尺深三四尺浪高不過二三寸水深二三十尺浪高約尺半地中海浪低于大洋浪大洋浪最高時二船雖甚近亦能遮隔不相見故可以浪高低爲海深淺率今推測尚未能定也浪速因高卑而異亦因形狀而異形狀刻刻變換故浪速難推大洋之水每日升降二次海邊之地有潮來去因此也近有推得浪速者大西洋一小時約行七百英里近海岸或一百八十里或六十里或三十五里逼潮小川中不過十三里川愈深潮入愈難而愈緩

論測潮

測潮有二法一常測一處一徧測各處而比較之測一處者逐日測其早晚高卑而知由于日月經緯及遠近之故僅測數日僅測數地必有大不合理不可解處須常測徧測然後知不合理者皆合理也當攷者有六事一各地月過中線差潮漲在月過中線後若干時刻日日不同大率此差宜用朔望爲準然亦須用多日之中數以定中差二半月差月過中線差因月距日又生差須以日月赤道緯度及地心差之中數攷之此差半月而復故名半月差此差各地當相同然亦須測之或變或不變未能定也上潮時刻須以半月差爲準三潮距朔望差潮期後于朔望或一日或二日或三日故大汛潮不在朔望一日半

牛而在其後一日半中上潮距月過中線差平數時不在朔望一日半之中而在其後一日半中朔望時刻距月過中線差平數時刻即潮距朔望時刻也四潮日差一日二潮高卑不同某月早潮高某月晚潮高須于各地測之五潮隨地不同或有地兩潮從兩路來或無日差或二潮合爲一潮十二時只一次所生之差又與六日月地心差不同赤道緯度不同惧能變潮之高卑及時刻測驗須久且精方密而確

測潮須測水漲至極高之時刻及水之高卑然有浪測之難準須用木或錫作長管立海中旁開諸小孔以通水管中水面浮以小木隨水上下木上立一細表密刻分秒用此法即確知水之漲落若干高下也

水漲極高時用最準時表查其時刻與歷書中月過上下中線時刻相減得每日月過中線差

各處同測而比較之者欲知潮頂及所向之路也潮頂即水最高處潮頂至處即水漲極高時設各地同時水漲極高于地球圖中作一線名各地同潮線朔望二日每隔十五度作各地同潮二十四線爲大地同潮圖此圖可攷潮路方向欲作同潮線須先知各地月過中線差或測而知或比較而知欲測每地月過中線差須用涿日所測水漲極高時與時刻除朔望二日外又須加減半月差一法欲知同潮線但以各地同時同潮比較而得更便捷不必用中線諸差也如半日內于各地測潮用其時刻相比較即知各地潮之早晚此時刻較數視推算所得時刻更真也測潮之人必居海濱每日細測月過中線差半月差距朔望差每日高下差等事與各地比較即知一月中潮有改變與否

潮頂之行與海水之行須詳細分別其方向蓋潮自行水自行不相涉也如桅上旗因風生綺浪其方向與旗行方向不同也有多地潮自長落水亦自行各自有方向潮長時水進口潮落時水出口理之常也然惟海邊海竇則然有多地潮之長落與水之進出時不相應又兩端通海之川潮漲至極高後二三時水方不動其前水仍進口也潮落至極卑後二三時水仍出口也

有諸海港合而復分水道變方向與前又異有時成環繞之行半日中水道歷盡羅經各方門或東南西北或東北西南水道變遲速亦變故測潮須兼測水道其法先測有進退之水道否若有須測潮長落後歷若干時水方復本道設有環繞水道其變方向更須細測之

重學卷二十終　　南滙張文虎覆勘

642

光學

のこ書ケ1ケ×

序

百餘年來格致家究心光理所著之書卷帙浩繁體用兼備矣去夏余於書院中講論光學從游者衆恐其人之隨得而隨忘也故筆記之以備觀覽並無求傳於各國之意好學之士見此書而樂其簡且明也屢索於余乃託坊友印行以公同好

西歷紀歲一千八百七十年夏五月田大里識

光學目錄

卷上

論發光必順直線而行第一節至十九節
論比較光之濃淡第二十七節至三十三節
論光行之速率第三十七節至四十一節
論回光第四十八節至五十四節
論凹面回光鏡第七十九節至九十九節
論凸面回光鏡第一百四節至一百七節
論透光質有時能不透光第一百三十六節至一百四十節
論透光鏡第一百五十五節至一百六十六節
論目視物分遠近與眼鏡之功用第一百七十六節至一百八十三節
論物形在目中之時第一百八十六節至一百九十九節

卷下

論光之性情并回光折光之性情第二百十三節
論光浪第二十十五節至二百二十一節
論光分各色第二百三十七節至二百四十三節
論光浪盪動與筋網盪動有相關第二百五十節至二百五十四節
論光色差并去光色差之法第二百六十五節至二百七十三節
論光色分原第二百八十節至二百八十九節
論清光帶與發郎胡發線第二百九十八節至三百節
論光之濃淡有平方反比例第二十節至二十六節
論明第二十四節至三十六節
論光行差第四十二節至四十七節
論試驗回光之事并平回光鏡第五十五節至七十八節
論回光之燃面第一百節至一百三節
論折光之理第一百八節至一百三十五節
論全回光第一百四十一節至一百五十四節
論眼能透光之理第一百六十七節至一百七十五節
論瞎點第一百八十四節至一百八十五節
論眼中小質第一百九十節至二百二節
論發光體發無數質點而成光第二百四節至二百十四節
論透光三稜體第二百三十二節至二百三十六節
論不能見之光線第二百四十四節至二百四十九節
論色第二百五十五節至二百六十四節
論人目覺色之異第二百七十四節至二百七十九節
論發光與受光之事第二百九十節至二百九十七節
論發光與熱并噴光與熱有交互之事第三百一節至三百十二節

論太陽化學第三百十三節至三百十六節
論恆星化學第三百二十二節至三百二十五節
論日體分有紅凸之形第三百二十八節至三百三十三節
論光浪彼此相阻之理第三百四十二節至三百五十二節
論量光浪之長第三百七十四節至三百八十三節
論歧光第四百五節至四百十五節
論極光第四百二十五節至四百三十三節
論用折光法成極光第四百四十一節至四百四十三節
論光線透過愛而倫刻斯罷之事第四百四十八節至四百六十節
論用極光透過顆粒視樞線而分別其光圈第四百八十五節至四百九十一節
論橢圓與球形之極光第四百九十二節至四百九十五節
原跋
視學諸器圖說附目
論透光三稜體
論回光鏡
論顯微鏡
論太陽顯微鏡
論收景明鏡
論行星化學第三百一十七節至三百二十一節
論星氣化學第三百二十六節至三百二十七節
論虹霓第三百三十四節至三百四十一節
論光浪環繞之理第三百五十三節至三百七十三節
論透光片之色第三百八十四節至四百四節
論試驗愛而倫刻斯罷之法第四百十六節至四百廿四節
論用回光法成極光第四百三十四節至四百四十節
論用歧光法成極光第四百四十四節至四百四十七節
論用極光射至歧光顆粒成色之理第四百六十一節至四百八十四節
論透光鏡
論弧面回光鏡
論遠鏡
論收景暗鏡
論旋轉之極光第四百九十六節至五百二節

光學卷上

英國田大里輯　布國　金楷理　口譯
新陽　趙元益　筆述

論光發必順直線而行

第一節　古時未知光理皆言人所見之光不自目外而至目中即以目之視力辨別近今格致之士考究光理知所見之光自目外而至目內其中奧妙之理下卷詳論之

第二節　太陽恒星與火皆爲發光之體能生此光又能發此光不受別種發光體之光即光之原也

第三節　假如視一物而其所有之光不發於本體而得於發光之體則謂之受光體如房屋樹木人畜等物皆可以受光而散於各方向有至人目中者即能見此受光之體也

第四節　此受光之體或間光或不間光頗有分別散光甚多則能間光散光甚少則不能間光　假如晴天見白雲此爲散光甚多之故如在白雲之下看樹木甚暗此爲散光甚少之故也

第五節　任看某物之一點從此點起至目中順直線而行此各直線名曰光線凡光線至眼中成圓錐形其頂與點相合其底與瞳人相合人目看此點在圓錐形各光線成交點之處若細考之不過仿佛在交點之處耳此仿佛之理後詳之

第六節　光順直線至目中不能於線之斷界後見其光設有發光體一點自目中至此點有隔光之物則此物必在目與光點相連之直線內　假如房屋關閉甚暗而窗上有一孔移時太陽之光透過此孔即見其所照之飛塵成一直線之形

第七節　令窗上之孔漸小至一點則太陽光過此點之時暗室中所有之光成極細一條即光線也

論光線透過小孔之形

第八節　設不令日光透過此孔另將一物所散之光透過此孔於暗室中置一白屏對準此孔即於屏上見此物顛倒之形此顛倒之理因物上各點所散之光色過小孔而射至白屏必於小孔處成交點也

第九節　設於箱中置一燭火箱之旁有一小孔而箱外置一白屏此燭火之形在屏上有顛倒之形若箱與屏相離愈遠則所見之形愈大愈近則所見之形愈小

第十節　設從物之各點起過小孔而至白屏作直線則物之各界合於直線遇屏之點可知光線順直線而行

之理

第十一節　凡物質能讓光線透過者名曰透光質又有一種質能減入質之光線名曰阻光質然質之透光與阻光不過人見之以爲如是耳若云透者皆透阻者皆阻必無是理極精之玻璃與水晶亦能稍減光線無論何種金類之箔亦少有透過之光線即如英國京城內天晴之時觀太陽之光有紅色此因大城內燒爐之煙浮於空中此煙亦近乎透光之質故能讓紅光線透過此煙也水之清而深者其色甚藍因水能減此紅光線也歐羅巴極大冰山（山名阿爾卑斯）所結之冰其顏色甚藍宛如水色蓋所積之冰極厚也

論影

第十二節　光順直線而行所以阻光之質能成影若光之原爲一點則影之界限詳細分明若光之原爲一面則影之界限不甚清楚必有闇虛

第十三節　一點之光原照於球形之體此球體之影形如圓錐其頂對準光之一點有影之界觀之頗能分明

第十四節　若光之原亦爲球體而照於同大之球體上所成之影形如圓柱而界外必有闇虛

第十五節　若光之原爲一球體而照於更小之球體上所成之影形如圓錐其底合於更小之球體而其頂在更小球體之後影之周圍必有闇虛日體大於地球與月體所以地球與月體之影亦如是焉

第十六節　人目在圓錐形之月影內則太陽之光遮蔽不見在闇虛內太陽之形亦如殘月或在圓錐形之後望太陽宛如拱璧中暗無光觀日食之時此三種形像俱有之

第十七節　有人用一扁發光體（如火油燈之類）試驗光理任用一物（如鐵條之類）以光之側面向物則物影在牆看甚清楚以光之平面向物則物影在牆必有闇虛

第十八節　此物離牆愈遠則闇虛大而物影愈小可漸遠漸小至但有闇虛而無暗影

第十九節　日體甚大所以從地面看日光內所成之物影界外必有闇虛不能清楚　假如日光內有髮一根與他物之面相離近則有影遠則無影若在電氣光內有髮一根離白牆數尺能見極清楚之髮影此因電氣光原小如一點也

論光之濃淡有平方反比例

第二十節　離光原愈遠則光力愈淡如光原爲一點其力減少之比若相距數平方之比　假如離光原一碼

三尺爲一碼受光之力爲一離光原三碼受光之力爲四分之一離光原十碼受光之力爲九分之一若離光原十碼受光之力爲百分之一餘類推此爲平方反比例

第二十一節　用燭火爲光之原卽可明上所言之理蓋上所言者爲一點之光原若光原大於一點則此說略不合於理以燭火爲光原置於白屏前相離九尺再用一方板離燭二尺又四分尺之一（卽爲燭離白屏尺數之四分之一）此方板必有一影在白屏上

第二十二節　此屏上之影爲方板之十六倍不明幾何學者不信此理可用尺量之又可用方紙一頁摺爲四方再摺之成十六小方此一小方卽可代成影之體離燭火二尺又四分尺之一若白屏仍離九尺則此摺成之紙在白屏所得之影大如全方之紙所以光力在白屏成影爲紙上之光力十六分之一可知某物離光原之遠近如爲四倍物上所受之光力爲十六分之一

第二十三節　設此方紙離燭火三尺離白屏六尺則燭離白屏爲九尺方紙之影大九倍方紙所受之光力大於白屏所受之光力亦九倍所以白屏之面其大與方紙同所受光力爲方紙所受光力九分之一

第二十四節　設以方紙離燭火四尺半則其影在白屏比方紙大四倍所以白屏之面其大與方紙同所受光力爲方紙所受光力四分之一設方紙離光原加遠一倍則減少光力爲四倍第二十二節言方紙離光原二尺又四分尺之一在白屏之影大於方紙十六倍離光原加遠二尺又四分尺之一卽爲四尺半所以方紙之影大四倍

第二十五節　設此方紙不以離二尺又四分尺之一爲準祇以一尺爲準若白屏仍離九尺此方紙離光原一尺時之影大八十一倍所以白屏之面其大與方紙同所受光力爲方紙所受光力八十一分之一

第二十六節　凡物離光原一倍受光之力爲一離二倍受光之力爲四分之一離三倍受光之力爲九分之一離四倍受光之力爲十六分之一離五倍受光之力爲二十五分之一離六倍受光之力爲三十六分之一離七倍受光之力爲四十九分之一離八倍受光之力爲六十四分之一離九倍受光之力爲八十一分之一等此爲平方反比例

論比較光之濃淡

第二十七節　上所言之理可設法以比兩種光之濃淡

第二十八節　光之力愈濃所成之影愈暗由此可知受

光之面較之未受光之面明暗之差數甚大也

第二十九節　其法於白屏之前豎立一竿於竿之前置一燭火即於白屏上見竿之影

第三十節　可於燭火之傍再置一燭火白屏之上即另加一影設此兩燭火相離甚近兩影在屏上亦相離甚近也欲比燭火所成之影而知其光力近則易於相比此兩燭火離白屏之遠近同成影之暗亦同則兩燭火之光力亦無不同矣

第三十一節　設一影暗而一影更暗即可知成更暗之影之燭火其光更濃若以更濃之燭火移之與白屏漸遠即於白屏上見兩影之暗亦漸至相同又可知白屏受兩燭火所發之光力亦無不同也

第三十二節　從此可量各光原離屏遠近若干而得其平方數此平方數即爲光原之力假如此光原離白屏三尺彼光原離白屏五尺則其光力之比若九與二十五之比

論明

第三十三節　上言之理固不謬也或問曰燭火離眼一碼之光力較之離眼十碼之光力平方數大百倍何以廣厦之內離十碼之燭光與離一碼之燭光明相等也

第三十四節　答曰眼底有腦氣筋其密如網能受外物之形像與白屏無異此理在後論眼之數節內詳言之夫眼所見者光原之形像與光力之濃淡無涉也眼離光愈遠眼內之形像愈小此理亦合於平方之反比例若空氣內明淨無雜質凡能見之光其明相同但其光原大小與遠近有相關即平方之反比例也

第三十五節　假如我之目可於他人筋網之後觀其形像即能分辨而知眼外之物相離遠者形像小相離近者形像大然我之眼斷不能在他人筋網後觀之祇可借一器以講明此理其法用一馬口鐵礦長三尺至四尺寬亦如之用錫箔封其一端又一端用白玻璃紙封之用針刺一小孔於錫箔上即以此孔對準燭光可於玻璃紙之一端見燭火倒置之形像此器初近燭火其形像甚大後漸離燭火其形像漸小燭火之光或遠或近明同而大小不同即瞭人之理也

第三十六節　若於暗室之窗開任何形之小孔日光射入壁上所成之光必成圓形假如日體大如一點所成之光必同於小孔之形今日體既甚大其面上各點發光射入壁上形與孔同多點發光過小孔而相聚必成圓形又日光射於樹葉之上成影於地皆爲圓形亦此

理也

論光行之速率

第三十七節　一百九十四年前有丹國人名六麻（即初造水銀寒暑表者）在法國都城內測望木星小月之食木星離日四萬七千五百六十九萬三千英里有四小月繞木星而行六麻測望離木星最近之小月見其在木星之前面行過宛如入於木星之形內即不能見小月又望木星小月在形之對面而出即能見之此人推算小月周繞木星之時爲四十二小時二十八分三十五秒

第三十八節　六麻測望之時極準所以能算此小月出木星形之時起至周繞木星百回再出木星之形其時刻與四十二小時二十八分三十五秒以百乘之之數同

第三十九節　六麻測望之時地球在黃道與木星相距最近過六箇月地球在黃道與木星相距最遠再測望此小月出木星形一百次則遲十五分

第四十節　六麻推求其故以爲設地球仍在黃道與木星相距最近所算得一定之時刻小月可從木星之形而出今此處與木星相距最遠可知光從最近之處至最遠之處所行之時爲十五分

第四十一節　此推求之理甚妙而六麻又有一妙理謂上理既有確據則地球旋轉於黃道與木星相距漸近此十五分光行之時亦必漸減而至於無此十五分之遲差此事亦依上理而推算之所以六麻又得一據光行過空處有一定之時算得光行速率爲每秒十九萬二千五百英里

論光行差

第四十二節　一百四十七年前西士白拉里測算光行差而知六麻算得光行之速率不差

第四十三節　無風時之雨順垂線而下設有人速向前行所遇雨點若不順垂線宛如斜雨而著速行之人日星之光線因地球在黃道移動極速故光線亦如斜行謂之光行差

第四十四節　若已知人行過雨點速率又知此人遇雨點角度即可算雨點垂下速率所以已知地球行於黃道速率又知光行差角度即可算光行速率

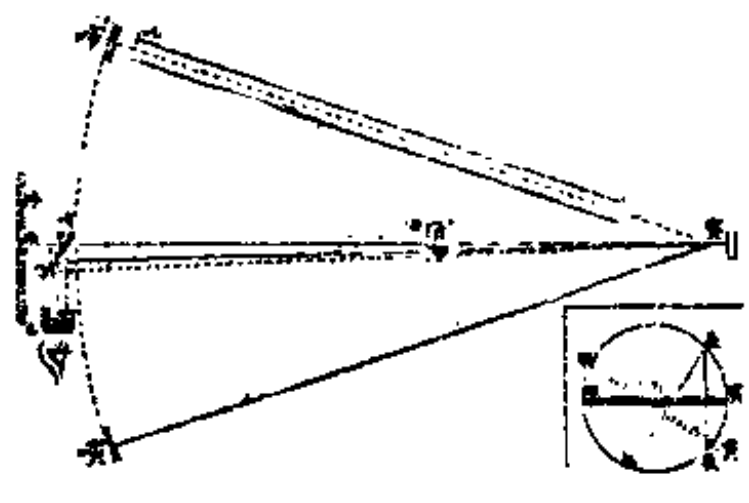
第四十五節　英國天文士用此法推算光行速率每秒爲十九萬一千五百十五英里與六麻算得之數所差甚微

第四十六節　有人曾試驗光行速率又有格致士名飛

總算光行速率每秒九萬四千六百七十七英里自後又有格致士名傅珂算光行速率每秒十八萬五千一百七十七英里

傅珂測算光行速率器之圖說（從他書移附於此）

如圖吁爲暗室之牆辰爲方孔此方孔內豎一白金條暗室外用一回光鏡令光條透過方孔而至室內則白金條分光條爲二哑爲無光色差之透光鏡其頂距甚大離白金條不及頂距之二倍故白金條之形像成於透光鏡首軸線之處略加大焉光條透過此鏡之後射至寅平回光鏡此回光鏡旋轉之速率甚大且其回射之形像成於空中此形像在空中之行速率爲回光鏡速率之加倍（加倍寅卯爲旋轉之回光鏡辰爲發光點其點之形像在辰因回光鏡旋轉至寅卯故形像在辰其辰辰角等於寅丙寅角因成角之線互爲垂線也但寅寅弧爲辰辰弧之半因寅丙寅角爲分圓角辰辰角爲負圓角故辰辰弧倍大於寅寅弧所以形像在空中之行速率爲旋轉速率之加倍）此形像射至噴凹回光鏡此鏡面之中心合於寅鏡旋轉之軸線從噴鏡回射之光復至寅鏡再從此



鏡回射而過哑鏡而成一白金絲之形像寅鏡旋轉不速所成之形像合於白金絲咳爲平行面之玻璃片在白金絲與透光鏡之間所以從寅鏡回射之形至玻璃片而回射則透過已目鏡設寅鏡或不動或旋轉甚遲噴寅兩鏡回射之光線射於寅鏡上其形像與原回射之形像相合後從寅鏡回射至咳玻璃片之甲點從此處有幾分回射至目鏡之丁點成一形像甲丁等於甲辰其形像用已目鏡觀之寅鏡每旋轉一周在丁點成一形像若旋轉爲平速率則不改其形像之所在若速率不過於每秒三十周即可分別形像之有無

寅鏡旋轉之速率稍大則形像常留於目中若寅鏡旋轉之速率極大則光從寅至噴從噴回射至寅光行之時回光鏡已改其方向所以從寅透過丑鏡不至甲而至乙而成寅乙之方向從乙回射至壬在此處成一形像所以人目觀白金絲之形像自丁至壬爲其差數若寅鏡旋轉之速率不大原有差數目力不能分別故必令寅鏡旋轉甚速能分辨差數或令寅噴兩鏡相距甚遠亦可傅珂用丁壬兩處形像之差數與每秒旋轉之速率而推算光從寅至噴而回

再自嗔至寅之時其算式內嗔寅以丑代之哑寅以丑代之辰哑以未代之每秒旋轉之速率以卯代之丁壬兩形相距之數以叮代之每秒光行速率以咳代之則得式

$$\frac{\text{叮}(\text{壬}-\text{丁})}{\text{未}\,\text{卯}\,\text{丑}\,\text{辰}\,\text{哑}}=\text{才}$$

此器寅嗔之相距四碼寅鏡旋轉之速率每秒六百周或八百周相距之差數爲百分寸之八或百分寸之十二旋轉之時有極大之速率故略有震動所得光行速率不能極準也

又用此器量光行於流質內之差數其法用一長管如呷吒長三碼置於寅嗔兩回光鏡之間而嗔與嗔兩回光鏡作法相同光線二次透過管內之流質從寅回射透過哑鏡至丙自丙回射而成形像於辛相距之差數流質大於空氣質故知流質內光行之速率小於空氣內光行之速率

傅珂算得光行速率空氣內每秒十九萬一千英里水內十四萬四千英里玻璃內十二萬八千英里金剛石內七萬七千英里

第四十七節　英國天文士侯失勒言礮彈離地行極速須十七年而至日處日光至地祇八分時耳速飛之鳥行地球一周須二十一日而日光繞地球一周祇一舉翮之時耳最近之恒星其光至地亦須五年

論回光

第四十八節　凡物發光而至他物必有幾分回射之光

第四十九節　磨光之鏡其回射之光必有一定之法未磨光之物其回射之光無一定之法蓋其光四散也

第五十節　設以白紙一張置於室內日光照於紙上室中照耀甚明若置一鏡於紙上光線回於一處此處甚明他處甚暗也

第五十一節　假如鏡之背面極好則回光必依一定之理而目不能見鏡祇能視鏡之回光處若室內無塵卽在空氣中之光條亦不能見也然回光之鏡必不能依回光一定之理故目能見鏡且房內空氣中安得無塵而塵亦散光故空氣中能見光條也

第五十二節　若光線遇回光面爲其面之垂線則光線回射之方向同於光線射至回光面之方向若光線斜遇回光面則回射之光線亦斜

第五十三節　若於光線遇回光面之點測其回光面之垂線則光線與垂線所成之角爲射光角回射之光線

與垂線所成之角爲回光角

第五十四節　射光角必與回光角相等此爲光學之要理

論試驗回光之事并平回光鏡

第五十五節　貯墨水於盆中以線一根其一端繫一錢懸於水中水本爲平回光面所懸之線爲垂線此垂線可繫於表尺上此表尺之懸點爲（）點左右各有分寸數垂線之傍置一燭火其對面則爲試驗人之目

第五十六節　若燭火之光點在表尺某分點上人目欲見燭火點之回光在垂線遇水面之處必自懸點一邊相對之分點而觀之此分點與垂線遇水面之處成一直線此事可明上所言回光之理

第五十七節　用水銀之類爲借地平之法測日星之高弧此度數大於眞高弧一倍因所測之角度爲回光角與射光角餘度數相加之角度半之而得射光角之餘度數即高弧之度數也

第五十八節　此射光線與回光線爲至近至短之線

第五十九節　回光之面不平則回光面發出光線之處雖目遠近不同假如立於河邊而觀物之形像在水中回光或變爲長條之形因風吹水面成浪也

第六十節　各物回射之光不同若射光線爲回光面之垂線以光線一千分而論水回射之光線十八玻璃回射之光線二十五水銀回射之光線六百六十六

第六十一節　若射光線不爲回光面之垂線水與玻璃回射之光線則多於爲垂線時之數假如射角四十度以光線一千而論水回射光線二十二射角六十度則光線一千水回射光線六十五射角八十度則光線一千水回射光線三百三十三射角八十九度半（光線將近於水面）則光線一千水回射光線七百二十一此時水銀回射之光線與水同

第六十二節　此事可試驗之其法用水一盆并一燭火而仔細看其從水面回射之光其明如何然後燭低而目亦低將近水面燭光更明

第六十三節　或用平面回光鏡試驗之其法置燭火於鏡與目之間目與燭火相連之直線亦爲鏡面之垂線祇能見燭火不能見鏡中燭光之形像也

第六十四節　稍移動之即可見數燭光之形皆相連而蔽其少半更移動之則目在於傍而玻璃厚者即能見燭光分列之形像

第六十五節　所見燭光之第一形像爲鏡之前面玻璃

回射之形像

第六十六節　所見燭光之第二形像爲鏡之後面擺錫回射之形像此形像較前面者更明可知金類回射光線多於玻璃也

第六十七節　金類回射之光線有幾分抵玻璃之前面不離玻璃卽回射至金類面而成形像又有幾分光線不離玻璃但回射至金類面而再成一形像如此遞生遞暗而目不能見矣

第六十八節　若以鏡一面又用燭火一枝而令目與燭漸近鏡面卽可見玻璃面回射之形像明於金類回射之形像

第六十九節　凡觀平面鏡內之形像若不在鏡面而在鏡後形像與鏡之相距等於物與鏡之相距此與射光角回光角相等之理有相關假如作一直線而代剖鏡之圖在其線之前面作一點從此點至鏡面之射光線自鏡面回射而抵人目之瞳人此瞳人爲圓錐形光線之底若引長圓錐各線至鏡後必成交點而人目觀鏡前面之點若在此交點也（案此交點卽圓錐形之頂也）

第七十節　初學之人必習練此事而知物之形像在鏡後何處應從物點起作鏡面之垂線若引長此線過鏡面而至圓錐形之頂其相距必等可知鏡內之形像大與物同不過左右相反耳

第七十一節　由上所言之理可將己刻字之板用鏡照之其字與書同

第七十二節　若人身照於鏡中右面爲左面右手爲左手之類是也

第七十三節　鏡高於物之半能回射物之全形

第七十四節　凡移動平面鏡而不改鏡面之原方向卽可見鏡內形像移動之速率大於鏡面移動之速率一倍

第七十五節　若將平面鏡旋轉卽可見鏡內形像所成之角大於鏡面旋轉之角一倍

第七十六節　凡平面鏡與地平成四十五度之角卽可見鏡內豎物之形爲平而平物之形爲豎

第七十七節　兩平面鏡相遇成角設置一物於角之間卽見鏡內有數物之形像兩鏡所成之角度愈少則物之形像愈多如欲求得其形像之數卽以三百六十度爲實兩鏡所成之角度爲法除之得數若無分數爲形像數加一西洋鏡亦以此法作之

第七十八節　若兩鏡平行而所成角度爲〇其間有一

物即見鏡回射此物之形像數無窮觀兩平行鏡回光物之形像依次漸暗至於目不能分

論凹面回光鏡

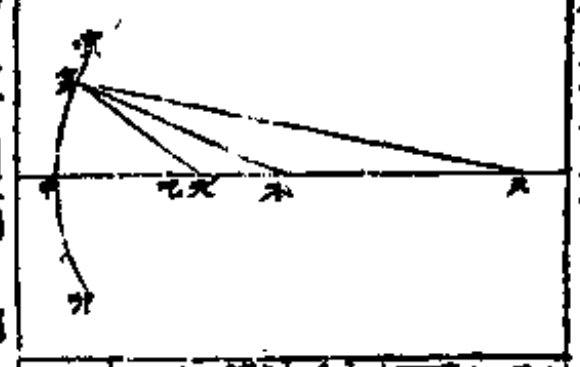
第七十九節　順直線而行之光線其行法不同或漸散或平行或漸近

第八十節　地上各物所發之光線皆漸散者日星所發光線俱爲平行因離地甚遠也

第八十一節　地上各物所發之光線可射至凹鏡上而合其光線或變爲漸近或爲平行

第八十二節　凡光線射至凹鏡面而回光必合於上所言回光之理

第八十三節　回光之理射光角與回光角相等如圖嗔



卯爲圓周之弧線其中心爲㕤假如甲天軸線過中心㕤分嗔卯弧爲兩平分若嗔卯弧繞甲天軸線一周即爲球之截弧面凹面透光鏡背有擺錫即爲凹回光鏡以下講明凹鏡回光之理

第八十四節　甲天軸線爲凹鏡之首軸線

第八十五節　假如有發光點在㕤其光線射至凹鏡面必爲其垂線所以回射至㕤

第八十六節　設發光點不在㕤點而在天點其光線射至凹鏡面成一圓錐形故所發光線必漸相離而從凹鏡回射之光線必漸近又成一圓錐形其頂在首軸線㕤點與凹鏡面之間如前圖天寅爲射光線寅天爲回光線㕤寅爲凹鏡之半徑射光線與半徑所成之角等於回光線與半徑所成之角

第八十七節　設發光之天點離凹鏡面甚遠或竟離無窮之遠則射光線俱爲平行而回光線成圓錐形其頂在凹鏡面與中心㕤兩界之中

第八十八節　前圖之吧點爲兩界之中點即凹鏡之聚光頂凡平行射光線回射之光頂皆謂之聚光頂（案聚光頂本名爲聚光點因此點爲圓錐形之頂故改名爲聚光頂）

第八十九節　凹鏡面與聚光頂相距若干謂之頂距

第九十節　發光之物在凹鏡前能成一形像亦可置此物於形像之處而其形像還於原有之物之處若此物在中心㕤與凹鏡之間則中心㕤必在凹鏡與形像之間若置此發光點於聚光頂其光線自凹鏡回射而平行

第九十一節　若發光之點在聚光頂吧與凹鏡之間光

線自凹鏡面同射必漸離不能有實光頂也

第九十二節　若以漸離之線引長至凹鏡之背成一圓錐形其頂謂之虛光頂

第九十三節　知以上所言之理即可知發光點從無窮之遠漸近至凹鏡之中心當此時發光點之形像自聚光頂移至凹鏡之中心有相迎之勢更易之亦同此理所以發光點從中心移動至聚光頂之時形像亦同時移動從凹鏡中心而至無窮之遠

第九十四節　發光點之所在與其形像之所在皆謂之互光頂若已知互光頂之理即可知移動之時其方向必相反且二箇互光頂必在凹鏡之中心相合

第九十五節　若置一物於凹鏡中心以外即於凹鏡中心與聚光頂之間成物顛倒之形像但較之實形稍小耳

第九十六節　若以此物置於凹鏡中心與聚光頂之間即在中心以外亦成物顛倒之形像但較之實形稍大耳

第九十七節　以上兩節所言之理物之形像仍在凹鏡之前此種形像謂之實形像設此物置於聚光頂與凹鏡之間即成一形像於凹鏡之後面其形像為正且大於物件也此種形像謂之虛形像非實有於凹鏡之後也不過光線射至人目似從凹鏡之後面而來

第九十八節　平常鏡中所見之形像皆虛形像也

第九十九節　前言各光線在一箇光頂相合此凹鏡必為弧面之一小分若大分則不然尚有別理也

論同光之燃面

第一百節　設同光鏡為弧面之大分則同射之光線不聚於一點各光線彼此相交處成一極明之面論光學之理者謂之燃曲面

第一百一節　圓玻璃杯可代圓柱形之凹同光鏡若以牛乳滿於玻璃杯內至八九分置一燭火於玻璃杯之旁即於牛乳之面顯一燃曲線若將全玻璃杯鍍錫汞又成燃曲面球形同光鏡之聚光頂謂之燃曲面之燃頂

第一百二節　若光線不合於燃頂此差數亦謂之光行差球形同光鏡不能聚各光線成一光頂此差數謂之球形差

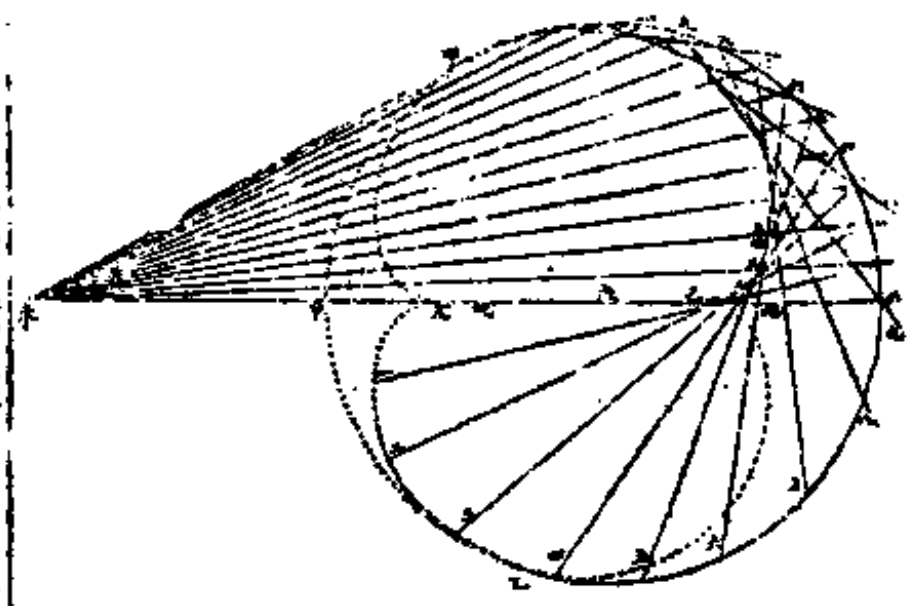
第一百三節　前第九十七節言物在凹鏡之前即成一實形像於凹鏡之前設人目在物之外與漸離光線之間即可見物之形像若於此處置白紙一張其形像即

現於紙上人目在紙前無論何處皆能見之設所置之物半屬透光如雲母石玻璃紙之類則人目無論前後皆能見之亦可用此法成大小活動之形像

凹面回光鏡可取明火於日設鏡之半徑爲三尺頂距爲二尺卽可用日光線以燃物光頂之熱可合水沸可合紙熒若將銅塊或鐵塊置於光頂間燒成紅色不啻投入冶爐中也

論球形鏡之燃面（從他書移增於此）

回光鏡與透光鏡所成燃面爲光線或兩根或多根在某點成交點若置一物於交點處其物之明爲兩根或多根光線相加之明球形回光鏡能合回射光線聚成數光頂若此數光頂切近於煙或切近於紙或切近於水面則各光頂在其面成明點此各明點相連成曲線謂之燃曲線若漸離之光線射於大於半球形之凹回光鏡其光線回射之形頗有可觀如圖甲丙乙爲大於半球形之凹回光鏡戊爲球心已爲聚光頂未爲光原發漸離光線未甲丙射於回光鏡之上半甲丙卽是未一未二未三等各射光線一一二二三三等各回光線若從戊至一二三等各點作半徑線卽分其角爲二平分一分爲射光角一分



爲回光角十十光線不遇首軸線未丙而遇回光鏡之第三點故又有回射之光線九九光線遇首軸線於丙卽爲凹鏡面之心故亦有回射之光線十一十二兩光線亦爲兩次回射八八等各光線皆與首軸線成交點而漸近於首光頂已未一爲中光線其回光線與首軸線成交點合於首光頂發光點射於凹鏡丙乙之光線圖未顯明亦可如上法分爲未一未二等其回射之光線亦與首軸線成交點自丙至已且下半鏡之回光線一遇上半鏡之回光線一成交點其餘光線亦與上半鏡回光線成交點

各光線回射之時未至首軸線彼此已成交點此各交點相連則成甲已燃曲線射於下半鏡之各光線回射時彼此成交點亦成燃曲線已爲燃頂丙已爲

燃曲線之切線

若有小光條之二光線從未甲漸移至未乙卽先射至九後至八至七至六等點果如此則兩光線之交點順甲已曲線而漸移但其同光線與首軸線所成之交點亦從丙漸移至已

設此甲丙乙爲凸面同光鏡之圖卽置未光原於丙點之右其相距等於在丙點之左如上圖卽可令同射光線引長至鏡背之後而與首軸線成交點則有一虛燃曲線其形與燃曲線同

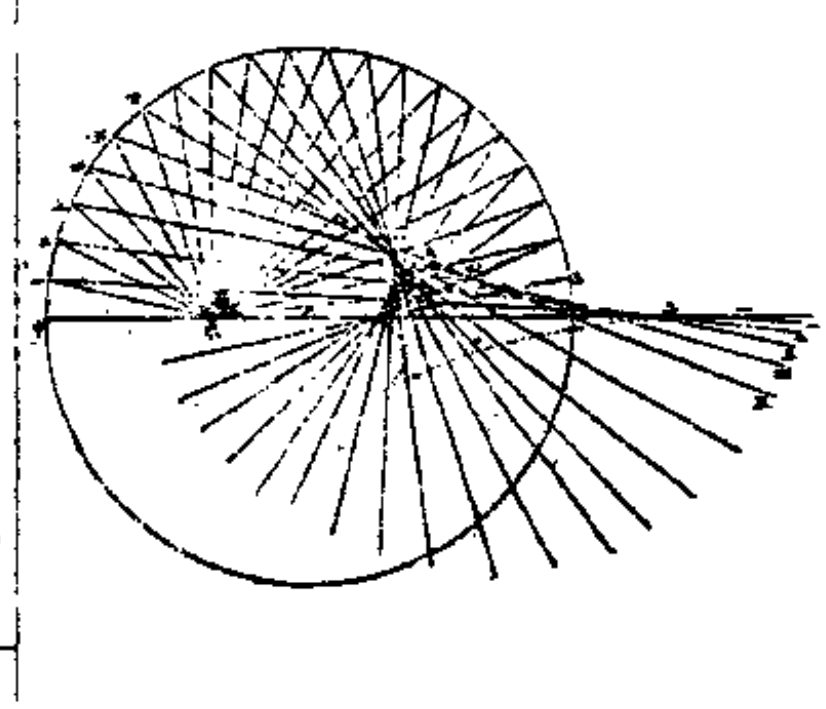
設光原仍在未點射至甲申乙凸鏡上卽成一虛燃曲線爲甲亢乙而小於甲已乙且兩種曲線相遇於甲乙二點此兩種曲線大小不同者因光原近於凸鏡遠於凹鏡也

設未點光原漸離甲丙乙凹同光鏡則燃頂之已點漸移至吒且燃曲線之切線丙已漸短若未點光原離凹鏡無窮之遠則已點與吒點相合卽平行光線之聚光頂也設此甲丙乙爲凸同光鏡而未點光原居於圖右亦有是理甲申乙爲凸同光鏡而光原漸離凸面則虛燃角亢點漸移至吒若未點光原離無窮之遠則光線平行亢點與吒點相合

設未點光原漸近甲丙乙凹同光鏡之中心則已點漸近於戊點而燃曲線漸變爲直線未點與戊點相合卽無燃曲線因各光線同射至中心且各光頂并各線之交點皆合於戊點

前言甲亢乙爲虛燃曲線若未點光原漸近於申亢亦漸近於申且燃曲線漸改其形與甲申弧線相等若未光原已至申點亢亦至申點無燃曲線矣

以上所論據鏡之剖面圖而言任方向剖之其理皆同若用同光鏡試驗此事卽能見其燃曲面圖中甲已乙燃曲線繞丙已本軸線一周卽爲燃曲面且同射各光線爲燃曲面之切線



光原在凹同光鏡之內面者如圖未戊相距近於未申卽有兩箇燃曲面一爲短者與前圖同一如本圖有兩長曲線如一二三四五曲線與申戊軸線下虛曲線相

對此兩長曲線在鏡後成交點設未光原近於申而遠於戊則兩長曲線在鏡後漸離且其虛光頂在凹鏡之內若未光原在戊與申之平分點則曲線改爲平行線若未光原漸近於戊則一二三等兩長曲線漸短且短燃曲面亦同時漸短但本圖漸短之速率小於前圖漸短之速率未光原已至戊點卽無燃曲面其故前已詳言之

昔有瑞士國人德牢理牧考究燃曲面之理云由平行光線所成之燃曲面而得燃曲線作此線之法球之中心爲圓周心又有一圓周其兩心相合中間圓周之外有一移動之圓周移動時成一曲線其動周半徑倍於定周半徑後有司密得依法推算而知光原在申動周半徑爲鏡球半徑三分之二定周半徑爲鏡球半徑三分之一若未光原向前行過戊點而更近於鏡面此兩種燃曲線（鏡前兩圖）皆過戊點而向外行且與上所言之理合

回光之奇理可解明之如圖光原在吧點與聚光頂幾欲相切甲丙乙爲凹回光鏡光原在聚光頂以內相去不過一點否則吧一吧一兩光線不能自一至一依平行方向回射其故因光線射至鏡面已在首軸線之旁吧一吧二兩光線射至鏡面離首軸線已遠其回射光線卽於已二成交點吧三吧三兩光線射至鏡面離首軸線更遠其回射光線卽於已三成交點吧點光原所發光線射至鏡面之點在一丙與一丙之間者其回射光線必漸離此鏡面光線回射平行漸近漸離三種光線俱有之

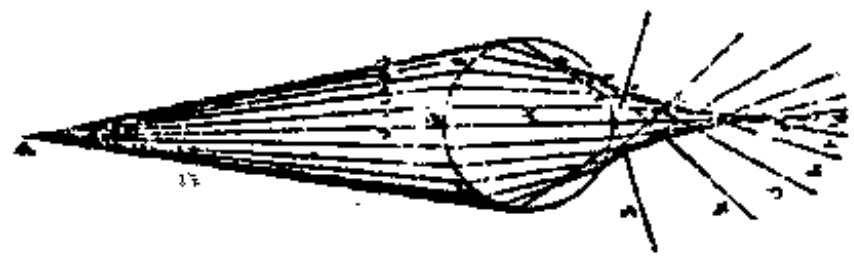
柱形凹回光鏡亦有燃曲面卽可用此鏡試驗其理其法用資料所作之柱形鏡而觀其內面若日光照於內或燭火之光照於內卽可見其燃曲面於底但因其器甚深且日光斜射而入必用淺器試驗方可或用乳或用白紙或白粉貯於器內令其底甚淺則可觀矣如欲置發光點於器內卽用白紙板浮於其面點一小燈於紙板上卽可見紙上有燃曲線所見之燃曲線與前圖同所置發光點卽在圖之未點也有人用鋼條一段置於白紙上或用日光或用燭光射於鋼條上卽於紙上能見燃曲線此白紙面與發光之點在一直線內若移動光原或遠於鋼條或近於鋼條卽改其燃曲線之形若改鋼條之形亦卽改

燃曲線之形故可令甲乙鋼條依各形而立卽於寅卯紙上見燃曲線改變各種曲線之形最爲可觀別種回光之面如銀片雲母石等物亦可成極明之燃曲線若用回光之圈亦可成凹凸二種燃曲線形

已明回光鏡之燃曲線則知透光鏡亦有燃曲線若以漸離光線射於球形透光鏡之面如圖丁乙丁爲球面丙爲中心未爲發光點未丁未丁兩光線爲球形之切線透過球體之方向爲丁吒與丁吒未乙未乙兩光線近於首軸線透過球體之方向爲乙巳與乙巳若自丙至丁作兩直線相連而作丁戊丙與丁戊丙兩半周又作丙戊丙戊兩直線其長若干與丙丁之比若一與折光指之比其燃曲線從戊與戊起成戊巳戊巳兩曲線而漸近未丙軸線至首光

頂巳卽合於軸線

光線透過透光鏡與鏡之樞線成正角有燃曲線如圖甲丙乙爲柱形透光鏡剖面圖戊爲圓周之心未爲發光點未六爲圓周之切線從第一面折光爲六六之方向從第二面折光爲六之方向求五未四等各光線皆依數號而折光觀圖自明透過之後光線交點成一燃曲線爲六四三二一一吒每線未與首軸線成交點之時先成一交點最近軸線之射光線透過後與軸線成交點於吒所成燃曲面甚明面巳丙因有光線成交點亦明面之外因光線不成交點故不甚明也



若有平行光線射至甲丙乙圓周上其曲線之起點在與樞線成正角半徑之末點自此處起至首光頂止此曲線繞本軸一周卽成燃曲面與上圖回光時無異吒爲極明之點其後界有一極明之圓周

德牢理物之書內有一法可依圓周之徑定其透光質之折光指折光指愈大圓周之徑愈小若將玻璃圓球內容清水置於日中卽可見燃曲面若將玻璃圓管內容清水令日光透過玻璃管後用一白紙其面

與水面平行卽於紙面見其燃曲線

論凸面回光鏡

第一百四節　用凸面回光鏡而試驗光理卽可知各光頂并各形像之所在與凹鏡同不過各光頂與各形像俱爲虛者耳

第一百五節　設欲定凸鏡聚光頂之所在卽應用平行光線射至鏡面此各平行光線與鏡面各相對半徑所成之角與回射光線與各相對半徑所成之角等此回射光線俱爲漸離之光線若引長之至鏡背之後卽相合成一點亦謂之首光頂

第一百六節　設欲定凸面回光鏡內之形像并兩箇交互形像之所在卽自物件作次軸線過鏡中心再自物件至鏡面作一線爲射光線後從鏡中心至鏡面作一線卽半徑與射光線相遇成角卽射光角又作相等之回光角以此回光線引長與次軸線作交點卽形像之所在也用此法可任取物之一點而定其形像之所在又可知凸鏡內之形像小於物之眞形而非倒置也

第一百七節　拋物線形之回光鏡各平行射光線回射之後其聚光頂必在拋物線之心設於此心置一發光點其回射之各光線俱爲平行而無光行差若橢圓形之回光鏡則此心所發之光線回射之後必聚於彼心（橢圓有二心故云彼此二心）海岸有大燈以便行船皆用拋物線形之回光鏡回射之各光線皆平行而至遠處但回射之光線不合於眞平行線因其光原大如一點也

論折光之理

第一百八節　凡光線射至物上非盡回射也必有幾分透入物質之中阻光之質必速滅入質之光線透光之質必讓入質之光線透過也（詳見第十一節）

第一百九節　以射光線一千而論爲水面之垂線祇有十八光線自水面回射其餘九百八十二光線透入水質之中（詳見第六十節）

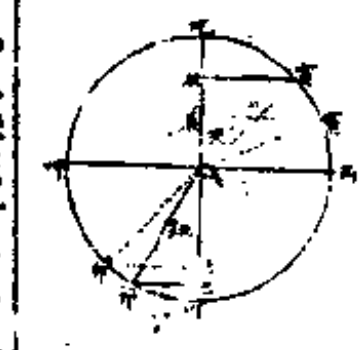
第一百十節　凡射光線一千爲水銀面之垂線祇有三百三十四光線透入水銀質中不存而滅

以下講明各光線入透光質之理可借水以爲喻焉

第一百十一節　設有一光條爲水面之垂線其透入水質之方向同於射至水面之方向若光條射至水面不爲垂線則於入水之後改其原方向有如折形故謂之折光此折光之角各質不同

第一百十二節　光條入水改其原方向有如折形故謂之折光此折光之角各質不同

第一百十三節　學者必知折光之理有一定之故如圖



呷叱吶叮爲器之直剖面形水滿至器之半呷吶爲水面哦爲中心叱叮爲水面之垂線與水面成交點於哦點設此器不透光卽於叱點作一小孔則有小光條射至水面此光條遇水於哦點透過水而至叮不改其方向

第一百十四節　設於寅點作一小孔而有小光條斜射至水面之哦點透入水質中卽改其方向爲哦卯

第一百十五節　作寅辰線爲叱叮之垂線又作卯巳線亦爲叱叮之垂線若以寅辰線爲實以卯巳線爲法約之所得之數必爲恆數無論射光角若干其數不變也

第一百十六節　水面上之天角爲射光角水面下之地角爲折光角以呷叱吶叮圓周之半徑爲一則寅辰線爲射光角之正弦卯巳線爲折光角之正弦

第一百十七節　前言射光角之正弦爲實折光角之正弦爲法約之得數爲恆數乃光學中之要理此兩角不論其大小所得之數恆同設此角減小彼角亦減小此角加大彼角亦加大所以射光線順寅哦虛線則折光線必順哦卯虛線寅辰與卯巳之比若寅辰與卯巳之比由上理而推廣之其比例必同也

第一百十八節　此恆數謂之折光指卽光差也

第一百十九節　上言用比例之法與前所言法除實之理無異假如一爲實二爲法卽得二分之一此與一與二之比相同也若以二爲實一爲法得數爲二此與二與一之比相同也又如十二爲實三爲法得數爲四此與十二與三之比相同也若以三爲實十二爲法卽得四分之一此與三與十二之比相同也

第一百二十節　凡直角三角形求句與弦之比必以句爲實弦爲法約之而得所求此直角三角形無論大小求得之數與句所對之角之正弦同如前圖哦辰寅三角形天角正弦與辰寅與哦寅之比相等可用算式明之

$$\frac{\text{哦寅長實}}{\text{正弦大法}}=\frac{\text{辰寅}}{\text{哦寅}}$$

地角正弦亦與卯巳與哦卯之比相等則此哦寅與哦卯無論若干數角之正弦必相等因半徑爲一所以

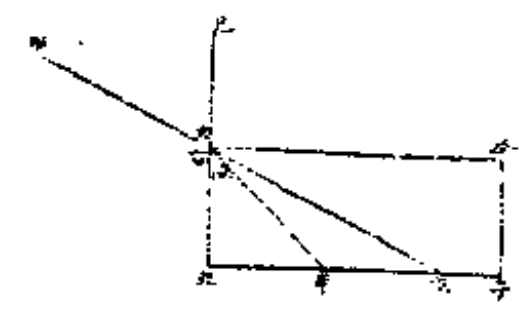
$$\frac{\text{哦寅}}{\text{哦寅}}=\frac{\text{一}}{\text{哦卯}}$$

而

$$\frac{\text{一}}{\text{哦卯}}$$

學者已知此理可明下數節所言之理矣

第一百二十一節　如圖寅丑癸子爲長方玻璃器各邊平行惟寅丑之一邊不用玻璃透光若有光原在甲點光線射至玻璃器內卽於寅丑不透光之一面成一影



自丑至戊皆有之若將水傾滿於玻璃器內其影之界自戊至辛此因水能折光之故也

第一百二十二節　寅戊與寅丑兩線所成之角等於天角卽射光角也詳見第一節百二十節此角與寅戊寅丑之比卽寅戊寅丑得而此線可量其長數亦可算其長數而知合於上所言之理卽寅戊寅丑得數與寅戊寅丑得數必有一恒比例水中折光之比例爲三與四之比卽是一三三三三驗數詳言之應一三三六

第一百二十三節　凡光線自空氣射入水中則折光線稍近於垂線蓋空氣之質淡於水質凡光線自淡質入濃質中大約有此情形也

第一百二十四節　凡光線自水中射入空氣內則折光線更遠於垂線　如圖甲爲水中發光點其射光線透出水面而入空氣中卽更遠於垂線若射光線之度數加多則出光線之度數亦加多如有出光線與水面平行則其射光線更斜不透出水面而從水面回射於水中矣

第一百二十五節　設玻璃器內用醋則折光指爲一三四四用罷蘭地酒則折光指爲一三六〇用以脫里克醋則折光指爲一三七二用杏仁油或橄欖油則折光指爲一四七〇用松漆油則折光指爲一六〇五用八角油則折光指爲一五三八用苦杏仁油則折光指爲一四七一用炭硫則折光指爲一六七八用燐則折光指爲二二四

第一百二十六節　上所記各物折光指之數皆大於水之折光指之數除醋不能燒外其餘可用火燒之合至於無其理甚奇

第一百二十七節　前二百年英國士奈端言沽質之折光指甚大可用火燒之至無今金剛石量其折光指爲二四三九金剛石之折光指數甚大必非燒之至極也奈端此時實未知燒金剛石之法迨諸求化學之理此事亦易易耳

第一百二十八節　折光之中又有一奇理松漆油之折光指大於水而其質點不如水之緊密與水之質點相比若八百七十四與一千之比凡斜光線從松漆油入水即自淡質入濃質而其折光線更遠於垂線或以斜光線自水入松漆油而其折光線更近於垂線觀此可知前言光線從淡質入濃質折光線更近於垂線不能爲一定之理也（詳見第一百二十三節）

第一百二十九節　凡光線或從空氣或從他質斜射平行面透光質而仍入空氣或他質此光線即依原方向而行前言光線從此質而透過彼質或濃或淡以後折光線仍入前質再折光而得原方向即此理也

第一百三十節　光線過透光質之時必有最速之時設已知光線透過某質之速率則折光線所行之方向爲光線透過某質最速之方向

第一百三十一節　因折光之故觀水更淺觀玻璃更薄（更淺更薄皆指本體而言）

第一百三十二節　人在水面而看水底光線自水面至目成垂線必無光差其餘至目之光線必有光差若以有光差之光線引長至水中而與垂線作交點必不在水底因光線自水中射入空氣內光線更遠於垂線也

第一百三十三節　人目斜視水底較之直視水底必稍淺亦因折光之故

第一百三十四節　若將竿一根插入水中此竿之形若折斷而更遠於垂線設太陽之光線斜入水中則入水之後其光線更近於垂線

第一百三十五節　若用一空盆置一物於盆底離人略遠至僅見其半然後傾水於盆中即可見其全此亦因折光之故

論透光質有時能不透光

第一百三十六節　折光與同光有相關之理若無折光則亦無同光也假如以一定質浸於流質內而流質與定質之折光指相等即不能見此定質於流質之內矣

第一百三十七節　凡光線從此質而入彼質此質折光指與彼質折光指不同必有同光若光線同射多次則二種透光之質皆不透光　水面之白沫不透光因其內有水與空氣兩質光線透入同光多次漸不透光黑色之雲不能透光設黑雲面有同光其色不黑而白皆因此故若以透光之質搗碎研爲細粉其粉各點透光多點聚於一處即從各點之面屢次同射其光甚多故光不能透入粉內而爲白色亦此故也

第一百三十八節　食鹽與紙皆爲白色鹽之質點與紙之質紋皆能透光而竟不透光者因聚於一處有屢次回射之光而光不能透過也

第一百三十九節　若於紙之質紋間加入透光之質而其折光指與質紋之折光指相等卽無屢次回射之光而紙能透光矣玻璃紙用此法造之紙之質紋間所加之油卽透光質也　紙浸於水內則紙能透光白布浸於水內其白色稍減因濕布透光多於乾布也回射之光少於乾布也然紙與布浸濕之後尙不能全透光因水之折光指大小又有數種石類乾時不能透光浸於水中卽能透光

第一百四十節　折光指愈大回射之光愈多水折光指爲一·三三六玻璃折光指爲一·五所以光線順垂線而透過玻璃面其回射之光多於從水面回射之光金剛石折光指甚大故極明淨也詳見第六十節

論全回光

第一百四十一節　學者旣知第一百二十三與一百二十四兩節所言之理卽可知以下所言之理矣　凡射光線與水面所成之射光角近於九十度卽略與水面平行有折光角四十八度半反言之光線自水中而入空氣設光線遇水面所成之射光角四十八度半光線在空氣中卽略與水面平行

第一百四十二節　若水內光線與水面成角過於四十八度半則光線不射入空氣中卽從水面回射於水中此謂之全回光

第一百四十三節　定全回射光界之角謂之界角水之界角爲四十八度二十七分平常玻璃之界角爲三十八度四十一分金剛石之界角爲二十三度四十二分

第一百四十四節　若各光線射於水面而滿一直角則入水之後卽改爲四十八度二十七分之角設用金剛石卽改爲二十三度四十二分之角

第一百四十五節　於靜水中觀水邊之物必覺更高假如魚在水內向上而看空中圓界其目爲圓心其視半徑略近於九十七度卽四十八度十七分之倍數則魚目在水中能見此處地平一切之物但近地平之物看之略短其高在空中圓界以外魚目能見水底之物與人視鏡中回射之光無異也

第一百四十六節　日月近地平之時而無雲遮蔽則觀之略似橢圓形亦與上理同

第一百四十七節　試驗上理可將一銀錢置於玻璃杯

內然後傾水於杯內高一寸以杯稍斜人目於杯底觀之能見此錢回射之形像甚明因其光是全回射之光也

第一百四十八節　或用一有底玻璃管以其一端置於水內而斜之待與水平行之光全回射於水面之下然後從上而觀此玻璃管似磨光之銀若傾水於玻璃管內與管外之水平即無全回射之光矣

第一百四十九節　凡有三稜玻璃其兩腰面相等又相遇成正角若有一光線為其腰面之垂線透過玻璃後必與其底面成四十五度之角此角大於本體之界角所以光線全回射而射光線與回光線成正角凡欲改射光線為九十度方向之回光線即用此兩等面三稜玻璃

第一百五十節　若射光線與正角三稜玻璃之底面平行則折光線遇底面成角大於界角故光線全回射設受光之體大於一點則物之兩端所發光線在稜體內成正交線透過稜體觀此物有顛倒之形測天之遠鏡亦有顛倒之形用正角三稜玻璃更顛倒之則得其正矣

第一百五十一節　砂漠之地有時能見極遠之物似在目前并能見空中海市蜃樓之類皆因全回光之故也日光射於砂漠之地砂極熱時其相近之一層空氣亦甚熱且輕於以上之空氣故上升所以遠物之光線遇一層更輕之空氣其上面甚斜而光線全回射與物之光線自水面回射無異昔法國與噠國交戰之時行過砂漠軍士口渴見泉水甚近而喜然相去實甚遠也

第一百五十二節　氣質與流質定質同可回光亦可折光因氣質之折光指甚小故回光與折光甚微但測望之時必須知蒙氣差即空氣折光之故也用三角法測地亦須知蒙氣差日未出地平之時已能見日日入地平之後仍能見日亦因有蒙氣差也

第一百五十三節　若由熱物上而觀對面之物有抗動之勢此因空氣冷熱不勻故折光不同遠望各曜之光有抗動之狀亦此故也測望家深悉此事因多一差耳

第一百五十四節　可從燭火上熱氣中而觀一物或從極熱鐵條上升熱氣中而觀一物或以炭變氣自上墜下或輕氣升上此氣在極大光刀與白屏之間即於屏上能見此氣升上成浪形亦因空氣中折光之故也

論透光鏡

第一百五十五節　透光鏡亦為弧面之一小分若不合

於弧面之一小分即爲球形透光鏡

第一百五十六節　透光鏡分爲二種一合平行光線透過鏡後而漸漸每一種透光鏡有三式其名如左

漸聚透光鏡　一爲雙凸鏡　二爲平凸鏡　三爲凹凸鏡此鏡凸面之半徑大於凹面之半徑

漸離透光鏡　一爲雙凹鏡　二爲平凹鏡　三爲凸凹鏡此鏡凹面之半徑大於凸面之半徑

第一百五十七節　凡光線過透光鏡之中心爲雙凸面之垂線此線亦謂之首軸線

第一百五十八節　凡光條射於凸鏡上與其首軸線平行既過凸鏡之後其各光線即於軸線上成交點此交點亦謂之聚光頂

第一百五十九節　在聚光頂之外置一發光點其各光線在凸鏡之彼邊成交點而發光點之形即在此交點若發光點漸近聚光頂彼邊之形即漸離凸鏡設發光點已合於聚光頂則其形離凸鏡之遠爲無窮矣

第一百六十節　若發光點在聚光頂與凸鏡之間其各光線透過凸鏡之後必漸離以此各線引長成交點則與發光點相近而在凸鏡之後面其點爲虛光頂若散光之體大於一點即於虛光頂成一虛形像

第一百六十一節　置一物於聚光頂之外即於凸鏡之彼邊成實形像或大於物或小於物必成顛倒之形

第一百六十二節　前論凹光鏡發光點與形像有互光頂凸面透光鏡亦如是也

第一百六十三節　凹面透光鏡之各形像必爲虛者

第一百六十四節　球形透光鏡不能聚各光線成一光頂在鏡周透過之各光線較之鏡中透過之各光線折光更多所以鏡周各光線之頂距小鏡中各光線之頂距大若將球形透光鏡以各光線合爲一光頂不過能用鏡中之各光線而不能用鏡周之各光線也

第一百六十五節　過鏡中之光線與過鏡周之光線兩種光線之頂距不同亦謂之球形差凡弧面透光鏡合各光線成一光頂則謂無差之透光鏡球形透光鏡非無差也

第一百六十六節　球形透光鏡同於球形凹光鏡亦有燃曲面與燃曲線發於光線之各交點也

論眼能透光之理

第一百六十七節　人眼能見各物亦可謂透光鏡也內有三質前後房水一也晶珠二也大房水三也

第一百六十八節　前後房水在眼之前面有明凸如表蓋者名曰明角單前後房水之後睛珠之前有眼簾在瞳人圓周以外睛珠之後有大房水居眼之太半人眼全徑一〇九分（十二分釐之一寸）

第一百六十九節　腦筋從眼後而入分爲數支於目底成形其密如網卽謂之筋網其底有黑油衣目內回光甚少因黑色之故也

第一百七十節　眼簾功用能或舒或縮令瞳人縮小展大設光力不濃則眼簾將瞳人展大光力甚濃則眼簾將瞳人縮小看近物則眼簾開而瞳人展大

第一百七十一節　瞳人色黑因眼內有黑油衣設能發光射至筋網上卽能見瞳人之色甚明但射至筋網之光卽回射於發光之體故欲觀他人目中回射之光其目必在發光體與筋網之間旣在此間又遮去射至筋網之光必另設一法以試驗之其法用一擺錫鏡而去其一點鏡光射至筋網上卽於此點後觀他人目中可見受光之筋網且瞳人之色紅如熾炭西國醫士依此理而造一器可觀他人眼內之病其狀若何

第一百七十二節　白兎之瞳人其色甚紅因目內無黑油衣光內之紅光線透過眼白殼卽從眼內回射故見其瞳人爲紅色也此種目人亦有之（俗名紅目生）設遮去紅光線而不令透過其瞳人亦是黑色也　有一種獸其目內無黑油衣祇有回光皮代黑油衣故暗中能見猫眼內之光此光非從眼內發出乃回射之光耳設令猫眼在極暗之處其眼內亦無光矣

第一百七十三節　西法照像所用暗箱內有糙玻璃外物之光線透過暗箱之透光鏡而射於糙玻璃上若形像不甚清楚可進退以準合之必令形像在糙玻璃上甚清楚也

第一百七十四節　人目宛如暗箱之有透光鏡也且有筋網代糙玻璃若欲仔細觀一物其物形必收聚於筋網上極清楚卽是物上各點光影聚於筋網上一點方能清楚也

第一百七十五節　筋網上物形與物體相反

論目視物分遠近與眼鏡之功用

第一百七十六節　假如於目前稍遠處置字一幅於字與目之間懸一紗簾若目能從紗簾中見字卽不能見紗簾若能見紗簾卽不能見字蓋物之離目近遠不同者不能同時於筋網上成形像也

第一百七十七節　設目爲定質與玻璃水晶無異卽不能於忽遠忽近間見物之形像必有一定之界限方能見之若在定界之內外卽不能見也然目之視物稍分遠近皆能見者此因睛珠可略改其弧面之平凸而視物也

第一百七十八節　在透光鏡之或前或後觀燭光回射之形若漸近透光鏡卽見鏡中回射之形像漸小故可知觀近物睛珠之弧稍凸觀遠物睛珠之弧稍平

第一百七十九節　光線自空氣中入目先透過明角罩而折光因折光之故此各光線應過筋網後半寸成交點卽聚光頂然因透過明角罩後之各光線再透過睛珠所以光頂聚於筋網也

第一百八十節　過明角罩中心至筋網作一直線此直線名曰視軸有人視軸太短筋網與明角罩太近之故各光線之光頂不聚於筋網而在於筋網之後高年人明角罩稍平光頂在筋網之後視物有昏花之象矣

第一百八十一節　高年人視物喜遠而不喜近因遠處光線略平行而入目可用凸透光鏡爲眼鏡令光線漸近則光頂聚於筋網而視物清楚矣

第一百八十二節　有人視軸太長明角罩與筋網太遠之故各光線之光頂在筋網之前必近而視物則光頂可合於筋網故短視之人可用凹透光鏡爲眼鏡

第一百八十三節　設有平直二物相離同遠人目不能於同時內而詳見此二物若欲詳見平物必略遠欲詳見直物必略近假如用墨水作平直兩線看一線清楚餘一線必略淡若看此略淡之線爲黑線則前看之黑線必略淡若人看同遠之平直二物長差甚多可用圓柱形之透光鏡爲眼鏡

論睛點

第一百八十四節　睛筋入目而分或筋網其不能見之處爲睛點凡物之光線在此睛點處光頂卽不能見矣

第一百八十五節　可試驗其事而用白水漆（西國封信用此水漆）二點置於黑紙上或用黑水漆二點置於白紙上相距三寸然後令右目對準左邊之漆點或十寸或十一寸之遠兩目相連之直線與二點水漆相連之直線平行閉左目而以右目視左邊漆點則右邊漆點卽不能見因漆點之形合於右目之睛點若動目向右或向左或離紙遠於十一寸或近於十寸則右邊漆點亦能見之物件大小與離目遠近之比若漆點大小與離目十寸或十一寸之比故有極大物件其光線之光頂在睛點

即不能見之也

論物形在目中之時

第一百八十六節　筋網能覺光光雖離而仍覺有光也如電光之來不過瞬息耳然光已過而目中尚覺有光覺光之時各人不同一秒中有若干差數

第一百八十七節　電光連發而入人目其停而未發之時少於光在目中之時所以各光點相合成連光假如一光點旋轉一周甚速人目視之宛如一光點成一周矣又如一輪旋轉一周甚速人目視之此各輻相合成一暗面矣有人依此理作戲翫之具其法畫人形或物形各形之式不同旋轉成圓周甚速人目於窄縫中觀之見其相連成活動之形

第一百八十八節　凡水從壺口而出看似相連且分為上清而下濁若於暗室中忽有電光一閃即見下段之水如圓珠墜下之狀有光之處即見墜珠之狀成水一條因水滴下極速故看似相連觀此益明上節所言光點停而未發之時少於光在目中之時之理　速率極大之礮彈於暗空中打過忽發電光即見礮彈在空中若有不動之狀

第一百八十九節　目之視物不能極準亦有球形差所視物形外發多光因此所見物形較之實體略大尋常之光不甚濃所視物形未必大於物體若物外發光甚濃且物甚小所視物形即大於物體也假如用白金細線引電光而成白熱視之甚粗又如看新月可見其含無光之月體看有光之半月其半徑大於無光之半徑也海岸燈塔有燈甚多發平行之光從遠處望各燈成一大燈球又如觀火其中白熱之炭質點升上甚速而火成浪紋人目觀此浪紋過大故觀火亦略大於實體也

凡所視物形大於實體者謂之假肥形

論眼中小質

第一百九十節　凡目之各質內皆有不透光小質有人目內有黑點有黑圈有似水浪紋之質因瞳人不甚小故筋網上無小質之影設瞳人大如一點而目內有此不透光之質大約不能視物也若此小質近於筋網即能成影（詳見第十八九兩節）用針刺小孔於紙上而觀天即可見已目中之小質

第一百九十一節　筋脉之影又在筋網後面但有此影之處易於覺光故與無影同尋常時目不能見此筋脉之影然筋脉之影在筋網別處而此處不能易於覺光

即可見筋脉之影

第一百九十二節　欲令筋脉之影在筋網別處即於暗房內用一小透光鏡光頂雕鏡不遠斜射於眼白設上成一太陽之小形像或成一電氣光之小形像但光切不可遇瞳人後略動透光鏡即於目內覺有筋脉之影亦在筋網上移動且於目前無光之處能見筋脉之形像

第一百九十三節　人目視黑暗之處而於晴旁移動燭光令其光線斜射瞳人內即能見筋脉之影有人之目極易見筋脉之影

第一百九十四節　又有一法刺小孔於黑紙上而觀天空若將此紙略移動之即能見筋脉之形像

論西畫鏡

第一百九十五節　假如開一目而視手邊不過見一指之邊若開兩目視之即見各指之面由此知兩目所受形像不同

第一百九十六節　兩目見物之時兩箇形像在筋網上若有兩幅相同之畫在目前猶兩物在兩目之前成不同之形像也用透光鏡看之不為平畫而有渾成之像西國所作畫鏡用此法也

第一百九十七節　英國士韋子頓初造此法用兩幅相同之畫兩目視之各對其一用兩箇透光鏡觀之兩目各有相對之畫因兩畫相同而看似渾成

第一百九十八節　人目觀兩畫相合之形像與觀物之眞形無異觀時不過細視其物之一點耳物之各點離目遠近不同而觀此近點則兩目視軸所成之角大於觀遠點之角觀遠點時視軸略為平行所成之角甚小凡觀兩畫相對之點二視軸必成一角與觀物之眞點無異故有渾成之形

第一百九十九節　假如以兩幅相同之畫量其兩對各相合之點此一對之相距大於彼一對之相距如此離目有近遠之別故兩目觀此一對點視軸之角大觀彼一對點視軸之角小

第二百節　明以上之理亦可觀平面畫有渾成之形假如作畫於兩箇圓錐體左右眼各看其一而兩畫之離目相等然後令右目看左畫左目看右畫兩目之視軸成交點用筆作識於圓錐體之相對點令兩點相合而仍觀之不過見一圓錐體在空中有渾成之形即在視軸交點處

圓錐體上所作之畫不過是界線耳且上半一對相合

之點近於下半一對相合之點

第二百一節　韋子頓初作西晝鏡用同光之法然又有他法可試驗其理近時常用之法爲普兒斯登之法所用之透光鏡薄邊在中厚邊在旁此法能加大其畫之形又能令其渾成也

第二百二節　前第一百九十八節所言觀物體之一點愈近之則視軸所成之角愈大愈遠之則視軸所成之角愈小如用正角三稜玻璃觀兩合點一遠一近所發之光線過此玻璃體其光線未至目前已成交點故從遠點發光線至兩目內所成之角大於從近點發光線至兩目內所成之角用此法作一鏡卽可觀凹面爲凸形凸面爲凹形格致家謂之假鏡焉

長洲沙　英繪圖

桐鄉沈善蒸校字

光學《卷上

英國田大里輯　布國　金楷理　口譯
新陽　趙元益　筆述

論光之性情并同光折光之性情

第二百三節　以下諸節光理之奧妙以及感動人目之故皆詳述之大抵人能知覺之故因他物感動其腦氣筋也假如手按一物而人覺之此因物感動其手內之腦氣筋以達於腦而人覺之也香氣至鼻而人覺之此因香氣感動其鼻內之腦氣筋以達於腦而人覺之也音聲至耳而人覺之此因空氣中聲浪感動其耳內之腦氣筋以達於腦而人覺之也惟光亦然

論發光體發無數質點而成光

第二百四節　奈端論光之說以為發光體所發無數光質點因甚細微故不能見之此種質點能過透光質并能過目內之透光質而射至筋網故目能見物也

第二百五節　光發質點之理此舊說也

第二百六節　光行之速率甚大則光質點應小至無窮設此光質點稍有重率若干再加之以速率必傷人目尋常之質有一軋倫（軋倫英國乾物量名也等於一六五方尺）其動速率同於光行之速率則一軋倫質之重可等於一礮彈之重卽與重一百五十磅之礮彈每秒速率一千尺者無異

第二百七節　設光質點果有之可用透光鏡令數兆光質點過此透光鏡而射於小天平此小天平以蛛絲懸之而旋轉一萬八千周然而數兆光質點著於天平竟未同旋也可知光質點必無重率（此駁奈端之說也）

第二百八節　若光質點竟小至無窮則空中各曜發出之光質點其速率皆同因各曜之噙力不同而光質點分重輕則發出之時應不同也然而未有不同者可知光質點竟無重率（此亦駁奈端之說也）

第二百九節　說有一恆星其質之疎密同於日質之疎密又此恆星之全徑二百五十倍於日之全徑因其噙力甚大可阻所發之光質點不令其甚遠更小之恆星噙力更小阻光質點發出之力亦更小則大恆星發光之速率應小於小恆星發光之速率然而各曜發光之速率無有不同者可知光非質點也

觀上所言之理可知光為質點之說甚謬再以同光折光之理證之亦與質點之理不符可知光為質點之說更不足信也

第二百十節　光條射於同光鏡面成直角此同光鏡先

阻住光條之質點而後依原方向回射

第二百十一節　回光鏡面令光質點回射幾分其餘幾分讓其透入回光鏡內

第二百十二節　凡光質點斜射於透光體之面可喻之質點漸喻入透光質內與空中礮彈飛擊有地心力喻之無異所以光質點被喻之速率大於尋常之速率已喻入透光質內者仍有極大之速率且在質內時不加不減也

第二百十三節　已上爲奈端所言之理且奈端又言光線折時與垂線所成之角更小此時光行之速率加太依此理則光在水內之速率大於空氣中之速率在玻璃內之速率大於水內之速率在金剛石內之速率大於玻璃內之速率折光指愈大光行之速率亦愈大

第二百十四節　不信光爲質點之理者試驗此事卽知有相反之理折光指愈大速率愈小也

論光浪

第二百十五節　昔時天文家海更士算學家阿勒此二人者始不信奈端之說以爲光與聲同亦有成浪之性情然此時之格致家拉不拉司畢至普兒斯登馬勒斯皆信奈端之說而不復悉心考究待至脫麥斯養福而司農二人出而考究光理得其確據各國之人方知光發質點之說之謬

第二百十六節　脫麥斯養福而司農之言曰若光發質點之理不謬則光學之理不能解釋者甚多若光浪之理不謬則依此理光學中事事可以解明於是思出多據而顯明光學各事與成浪之理有相關卽以余歷年所得之新理證之二人之說亦暗相吻合

第二百十七節　余著聲學一書已解明某質凹凸力愈大聲行之速率亦愈大又某質之質點愈鬆聲行之速率亦愈大光理亦然其傳光之質凹凸力甚大且甚鬆而淡可借名曰傳光氣

第二百十八節　傳光氣散滿於空中無微不至卽眞空中亦有之各質點包於傳光氣內人目爲透光質處處有傳光氣與目外之傳光氣相連發光體之質點盪動時傳光氣亦盪動所以成浪而行激於筋網上故目覺有光

第二百十九節　空氣傳聲之時其質點順聲行之方向前後盪動傳光氣傳光之時左右盪動或上下盪動故聲浪爲直行光浪爲橫動也

第二百二十節　傳光氣盪動之路有大小名曰變度光

之濃淡與此有相關變度與光明之比若變度平方之比又光明之比若傳光氣質點盪動最大速率平方之比

第二百二十一節　離發光體愈遠此變度減小之比若發光體相距更遠之比且光之明與變度有平方比例所以光明減少之比若與發光體相距數平方反比例此事與光爲浪之理相合

第二百二十二節　傳光氣浪同行之理與光同射之理亦合所以射光角與同光角相等

第二百二十三節　折光之理如左

各曜之光浪爲一周其浪之一小段已成直線設此光浪之一小段過平面玻璃片而盪動之方向與玻璃面平行則光浪透過玻璃而不改其方向

第二百二十四節　光浪在玻璃內之行速率小於空氣內之行速率故玻璃內之光浪不能追及空氣內之光浪也

第二百二十五節　假如此光浪行至玻璃片之前斜遇玻璃面則光浪之先入者速率減小而阻住在後之光浪故光浪改其方向而過玻璃卽有折光之事

第二百二十六節　若玻璃片之兩面平行則先入之光浪亦必先從對面而出旣出玻璃面速率加大未出者速率未加故光浪改爲原方向面行此事與浪之性情亦合

第二百二十七節　透光鏡令光線或漸近或漸離與上理亦合蓋光浪各點過透光鏡之面其時不同且透光質又分厚薄故光浪各處改其方向而不同也

第二百二十八節　傳光氣質點之緊密在定質流質氣質之內依次遞減且氣質內傳光氣之質點其緊密遇於眞空中傳光氣之質點所以各物之質點能令傳光氣之質點擠緊若傳光氣之凹凸力與緊密有正比例卽不能減光行之速率折光指極大之質能減光行速率其質內傳光氣之凹凸力更小而緊密更甚眞空中傳光氣之凹凸力更大而緊密更減此理由試驗光學各事而得之

第二百二十九節　聲音在空氣中亦然不能從西士蘭兒越脫所試得之定法凡氣質點相擠之時加凹凸力之比不合於加緊密之比所以聲行之速率減小

第二百三十節　折光質與光行速率有相關之理可更詳言之假如第一百十三節之圖有寅辰并卯已兩線可爲氣水兩質內光行速率氣質內光速率當射光角

之正弦水質內光速率當折光角之正弦折光指卽兩質內光速率之比例設水折光指爲三分之四氣質中光速率與水質中光速率之比若四與三之比玻璃折光指爲二分之三氣質中光速率與玻璃質中光速率之比若三與二之比故空氣中光速率爲水內光速率一又三分之一爲玻璃內光速率一又二分之一爲金剛石內光速率二又二分之一且空氣中光速率爲客羅科雖脫其合質爲之鉛養鉛養之質內之三倍因此物之折光指最大若欲詳考之則折光指不可以空氣爲主必從眞空中而射於折光質內以眞空中光速率爲實以某折光質內光速率爲法除之得數卽爲其折光指

第二百三十一節　光線與傳光氣浪盪動之方向成正交若詳論之祇有光浪而無光線不過光浪順一方向前行故爲光線耳

論透光三稜體

第二百三十二節　前一百二十九節內已言有光線斜射平行面透光質內透過之後光線之方向仍合於原射之方向設透光質之兩面不平行卽不合於原射之方向也

第二百三十三節　假如光線射於透光三稜體而與其稜體之一面成正交線則光線透過後不合於原射之方向此稜體兩等面所成之稜名曰稜體折光角

第二百三十四節　稜體折光角愈大則光線透過之後與原方向差之愈多且同一光線射於稜體若改其所入之方向則所出之方向亦改變也

第二百三十五節　若稜體內之光線與稜體兩面相遇成角而等則射出兩光線方向之差數爲最小且射光線與稜體外面相遇成角等於出光線與稜體外面相遇成角此事可用算理明之且能定某質之折光指若干

定透光質折光指之法（從他書移增於此）

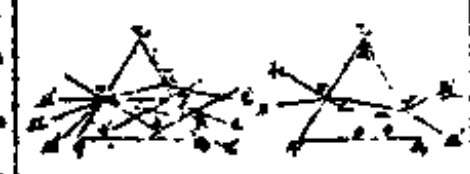
如圖甲乙丙爲透光三稜體橫剖面丑卯爲射光線與卯巳出光線差數爲最小卽作辛乙線與丑卯線平行又作未乙辰線與卯巳線平行設未乙辛角以可代之卽爲射出兩光線之差角辛乙卯角以丁代之卽爲射光角之餘角甲乙丙角以庚代之卯乙辰角以午代之卽爲出光角之餘角等於丙卯巳角射光角以壬代之卽有

式（壬＝午＝丁＝庚）

又（壬＝庚＋丁）

若以此式之丁與午用上式代入卽（庚＝壬－丁）故

又如圖三稜體加垂線辰卯申與辰卯申其內光線與此兩垂線所成之角一爲天一爲地而天角加地角等於庚角若射光角與出光角相等即天角與地角亦等折光指以卯代之即有式



觀以上之式可量射出兩光線最小之差角又用此式算得其折光指

第二百三十六節　平行面之透光質既不改其光線之方向可用之而作空三稜體以明流質盛滿於其中

論光分各色

第二百三十七節　奈端曾言日光可分之爲各光線此各光線折光角各不同設日光透過三稜體其各光線分爲各色之光線名曰分列光色

第二百三十八節　發光體所成之光浪其長不同光浪透過折光質短浪減小之速率過於長浪減小之速率所以短浪之折光角大於長浪之折光角因此而成分列光色

第二百三十九節　假如有白光條透過三稜體即分列各色故光帶分爲數行明色若令各色相合乃爲白光正紅之折光角最小次金黃次正黃次正綠次正藍次深藍淡紫爲最大

第二百四十一節　光之色與其浪之長短有相關傳光氣浪紅色者爲最長以後每色遞減至紫色者爲最短一箇紅光浪之長爲三萬九千分寸之一紫光浪之長爲五萬七千五百分寸之一其餘各色光浪之長在紅紫兩數之間

第二百四十二節　光行速率每秒十九萬二千英里以此數與三萬九千相乘即得十九萬二千里內之紅光浪爲四七四四三九六八〇〇〇〇〇此數與每秒光浪入目之數相等紫光浪每秒入目之數爲六九九〇〇〇〇〇〇〇〇〇

第二百四十三節　光之有顏色猶聲之有高下也聲學中言每秒有若干聲浪激動耳內之腦筋可定聲之高下光色亦依每秒有若干光浪激動目內之腦筋可定光之顏色故每秒有紅光浪之數入目即能見紅色每秒有紫光浪之數入目即能見紫色前所言光發質點之理亦可有此大數且依質點之理應有一定之力激

動目內之腦筋

論不能見之光線

第二百四十四節　光帶七色以外有目不能見之光線紅色外之光線目不能見而熱度甚大紫色外亦有光線目不能見而熱度不甚大可以燒鎔物質

第二百四十五節　假如有電氣光卽有炭點發出無色而熱之光線其熱度等於能見光線聚合時熱度之八倍目光所發無色而熱之光線其熱度過於能見光線之熱度數倍可用法阻住有色之光線而讓無色之光線透過也

第二百四十六節　如此可得無色之光頂目不能見之在此光頂可燒鎔物質又可令不能鎔之物質燒成白色則令無色之光線現光帶之色且不能化之物質阻住無色之光線則無色之光線變爲有色之光線譯曰幻火

第二百四十七節　紫色外不能見之光線亦可變爲能見之光線設用雜哪一分硫養二分加於其上則甚爲光明目能見之也譯曰變火

第二百四十八節　幻火之處有不易鎔之物質其質點盪動更速於光浪之盪動且光浪遇此質點盪動更速故光線之折光角加大　變火之處此光浪能令物之質點盪動稍遲於光浪之盪動故光線之折光角減小由此而知紅色外光線折光角加大紫色外光線折光角減小不能見之光線卽能見之

第二百四十九節　此紅紫兩色外之各光線名曰不能見之光線原不應有是名因所能見者非光線不過爲光線所照之物也天空中有各曜之光線往來空而不見空中之傳光氣亦不能見也

論光浪盪動與筋網盪動有相關

第二百五十節　假如有一弦彈之必知其有一定之音設用一琴令口唱之音激動其各弦若各弦內有一弦之音與口唱之音同則此弦盪動而出音若各弦之音與唱音不同則唱音雖有極大之力不能令弦盪動而出音禮拜堂內風琴之某音與玻璃窗盪動之音同則風琴盪動之音有時能令玻璃窗碎裂

第二百五十一節　由此而知小力之音可成大力之音所不能成之事因大力之音盪動之數與他物盪動之數不合也

第二百五十二節　已知聲學之各事亦可知目內筋網之故人目之筋網其盪動有一定之數若光浪盪動之

數不合於筋網盪動之數或大或小目不能覺有光光浪之力雖極大盪動之數不合目總不能見也

第二百五十三節　夜間一燭之光離人目一里因光浪盪動之數與筋網盪動之數合故目能見之若用日光帶紅色外之光線或電氣光紅色外之光線目不能見也此兩種光線之力大於燭光之力數萬倍而竟不能見者因光浪盪動之數與筋網盪動之數不合也

第二百五十四節　聲學中言二音可分爲八音第一音與第八音有和音第一音盪動之數爲第八音之半可同時而止前二百四十一節言紅光浪之長爲三萬九千分寸之一紫光浪之長爲五萬七千五百分寸之一此數爲紅浪中等之長亦爲紫浪中等之長然一紫浪之長爲一紅浪長之半人耳約能分十一箇八音而目祇能分一箇八音也

論色

第二百五十五節　凡光線入各質內或滅其光或噙其光然各體所滅之光線不同故能顯出各種顏色

第二百五十六節　設全滅其入質之光線則爲黑色平滅其入質之各光線而未至全滅者則爲灰色若滅其數種光線而賸其一種則光浪感動目內筋網卽見此一種顏色

第二百五十七節　任以一種顏色之物白光照之其物同射之光必爲白色若物上有光浪透過略深卽於質內滅去光色幾種而從質內同行之光浪卽爲物之顏色

第二百五十八節　設於三稜玻璃與光帶之間隔一紅玻璃則光線自稜體透過紅玻璃光帶失去各色而祇存一紅色因紅玻璃已滅去其餘之色也所用玻璃之色必與光帶之色無異方能如是否則餘色亦現數分玻璃之色與光帶上之色欲求其無異甚難不過得其近似耳正黃色玻璃造之甚難故光帶上必現金黃色與綠色不能滅去正藍色玻璃造之亦難故光帶上亦現正綠色與深藍色不能滅去也

第二百五十九節　設令白光色透過正黃色玻璃又透過正藍色玻璃卽現正綠色故以正藍色粉與正黃色粉研和亦得正綠色此因白光入粉內滅去其黃與藍所現者爲綠色也

第二百六十節　若不以藍黃兩色之粉研和而以藍黃兩光色并合卽爲白色因黃色與藍色彼此配全也

第二百六十一節　凡兩色可合之而成白色者名曰交

互色（即所謂色日光帶之中有四對交互色）一紅色與正綠正藍之和色　二金黃色與衰安極眞靛明正藍之和色　三正黃色與深藍正藍之和色　四正綠正黃之和色與淡紫色

第二百六十二節　假如置一物於光內而此物不能有回射之色則成黑色用紅火漆置於光帶之正綠色內即看此漆爲黑色或用紅色水置於光帶正綠色內亦看此水爲黑色若令光帶照於紅布上即於正綠色內見紅布之色甚黑惟光帶之紅處仍紅也

第二百六十三節　以上爲分光成各色之事其各顏色亦可合之而成白光色

第二百六十四節　光帶上分列光色爲長方形若用一圓柱形之透光鏡即合各色合爲白光又可令各種光帶合之而知其光從何來人目分別各色色雖離而仍覺有色也故可設數種顏色於物上旋轉於目前甚速即成白色也

論光色差并去光色差之法

第二百六十五節　各光色之折光角不同故不能用單透光鏡令各光色合於一箇聚光頂正藍色光線折光角大於正紅色光線折光角故藍色各光線之交點離透光鏡略近紅色各光線之交點離透光鏡略遠

第二百六十六節　凡有一白色光條形如圓錐而漸離透過一凸透光鏡而漸近即在透光鏡與聚光頂之間亦有圓錐形之光條外周皆包紅光色自聚光頂以外又有圓錐形之光條外周皆包藍光色若置白屏於聚光頂與透光鏡之間即見屏上有白圓而外周包紅邊若置白屏於聚光頂以外亦見屏上有白圓而外周包藍邊故白屏上總不能成無光色之形俱也

第二百六十七節　透光鏡不能令各光色線合爲公聚光頂此爲透光鏡之光色差

第二百六十八節　奈端以爲此光色差不可去之因無論何種透光鏡分列光色若干與折光指若干有比例若去其分列光色即去其折光指矣然此說不確也

第二百六十九節　凡兩箇透光三稜體平分折光指若干必有相等者然其分列光色若干可不同若減大分列三稜體之角即可令其分列若干等於小分列三稜體分列若干又可令一箇三稜體之分列減去兩箇三稜體之分列而不減其折光指

第二百七十節　假如以清水貯於三稜體內與火石玻璃三稜體相合則水之分列小而可減而其折光指未

滅也設用冕號玻璃代水亦然此因火石玻璃未滅折光指若干之前已滅去分列若干

第二百七十一節　透光鏡與三稜體有同理若用一火石玻璃凹透光鏡并一冕號玻璃凸透光鏡合其相合即可滅去其光色差折光指不過稍滅數分仍可用此合鏡以觀形像

第二百七十二節　凡用數透光鏡合之滅去其分列光色而不全滅其折光指此種合鏡謂之無光色差之透光鏡

第二百七十三節　人目有光色差亦有球形差

論人目覺色之異

第二百七十四節　目內腦筋遇甚濃之光即滅其覺光之功用設從極明之處而至稍不明之處即覺甚暗因滅其覺光之功用也

第二百七十五節　目之視色亦然若有甚濃之色射入目中即滅其覺色之功用

第二百七十六節　假如以小紅圓置於白紙上而視之良久即見紅圓之外周包綠色之邊後去其小紅圓而仍視之即於此處見正綠色

第二百七十七節　此理可解明之人目久視紅色即滅其覺紅色之功用既去小紅圓之後即有紙之白光入目內因已滅覺紅色之功用故祇能覺紅色之交互色（見前二百六十一節）且人目有球形差故筋網上紅色形像之外尚有紅色之光因已滅覺紅色之功用則形像外紅色之光變為交互色故見紅圓之外周包綠色

第二百七十八節　有色之影亦然假如有極濃之紅光照於白屏上置一物於屏與光之間即有一影設另用白光射至影上即變為綠色亦此理也假如用藍光照於白屏上有影之處另用白光照之即變為黃色用綠光照於白屏上有影之處另用白光照之即變為紅色此因目久視屏上之色已滅其覺色之功用故白光所照影內之色不能覺之影內周射於人目之白光能覺其色之交互色

第二百七十九節　此交互色為人目所覺之色影之色實為白色也

論光色分原

第二百八十節　化學家以各金類并金類雜質吹火試之因其火色之改變而分別其原質不爽毫釐西士本生所造之燈幾無別種顏色若用鉀燒於本生燈內其火色為黃色與鈉配合之雜質可化為氣質者燒於本

生燈內其色亦爲黃色用尋常之鹽即鈉綠燒於本生燈內其色甚黃紅銅燒之則燈光變爲綠色鋅燒之則燈光變爲紅藍色鎘燒之則燈光變爲紅色

第二百八十一節　金類之質在燈火內發出之氣能令燈光之色改變

第二百八十二節　若用三稜體而觀金類質發氣時之光色不能成光帶非如日光帶各色相連其色之間必有數行黑色間之各質發氣之光色皆有黑色間之

第二百八十三節　假如燒鈉於火內發出之光用三稜體觀之在日光帶金黃正黃兩色之處有黃色明線其餘光帶之色不能發出仔細視之此黃色亦分列兩行若用最好之顯微鏡視之此兩行黃色中有黑色間之燒銅於火內如上法視之即見一行綠色中有黑色間之燒鋅於火內亦如上法視之即見藍色與紅色兩行中亦有黑色間之

第二百八十四節　燒金類質發出之氣用三稜體視之其光甚濃因一切之光合成數明線而無分列也

第二百八十五節　此明線之所在并其數與色各質不同若已知此三事即可知此是何氣所成之明線而無所疑矣

第二百八十六節　若將兩種金類質在火內燒之用三稜體視之即每一種金類氣成其相配之色因其所在不同可觀而分之若有含數種金類之土在火內燒之用三稜體視之即每一種金類氣能知其三事亦可辨別之

第二百八十七節　化學家已知各金類氣發出之三事而視所燒之金類三事各不同則知此是新得之金類昔所未知者西士各出弗與本生用光色分原之法而得昔人未知之金類鐵與鈉後有西士克路克司亦用此法而得新金類鉛有綠色明線

第二百八十八節　定質不能變化氣質者用電氣合其甚熱亦有一定之明線故無論離若干遠之氣如恒星然可以分辨之

第二百八十九節　觀明線之色分金類之原質爲化學中詳細考究之法有人不能辨光帶上之各色又有人不能辨紅綠兩色者皆目病也（昔有西士到而吞不能辨熟櫻桃色與樹葉色不過憑其圓形而辨之故人有不能辨紅綠兩色者謂之色瞎又謂之到而吞病近時司火輪汽機之事不用色瞎者恐其不能分辨綠色以致誤事也）

論發光與受光之事

第二百九十節　昔人未知光浪之理已立光線發光線

喻光線等名目此等名目現仍用之以解明光浪之理焉

第二百九十一節　各體或有光或無光或爲發光線之體或爲發熱線之體

第二百九十二節　考究光理者必當知光線卽熱線且傳光氣之浪感動寒暑表卽傳熱於寒暑表若光浪遇目內筋網卽覺有光但其最大熱度之光浪在目能見之光帶之外

第二百九十三節　若光原之質點盪動又令包質點之傳光氣盪動成浪卽發光浪與熱浪若此光原質點與傳光氣盪動之後而光浪激動某體之質點此質點卽喻此光與熱而亦盪動矣

第二百九十四節　凡光線與熱線透過一體而減少其光與熱則其體必爲透光體此理亦可用他說以解之曰傳光氣之浪過某體質點外包之傳光氣而不激動其質點此體爲透光體若傳光氣之浪又感動某體之質點感動愈甚則體之透光愈少

第二百九十五節　若某體喻光與熱則加其體之熱若不喻其光與熱則光與熱無論若干大力透過其體而不加其熱

第二百九十六節　前第二百四十六節言不能見之聚光頂或用極大力然鏡得其聚光頂此處空氣可冷如冰因空氣不喻其熱故不能加其熱度若置石鹽於聚光頂卽稍加其熱因石鹽喻熱之力不甚也若置玻璃於聚光頂玻璃卽碎因玻璃喻熱之力不少也若置漆黑之白金於聚光頂卽加其熱而至白熱度因白金喻熱之力極大也

第二百九十七節　有人推算彗星之熱度此熱度余以爲不確因日光透過彗星不能加彗星之熱所以彗星近日之時大約亦冷與離日最遠時無異因彗星不喻日光也

論清光帶與發卽胡發線

第二百九十八節　設有白光條透過一縫再透過三稜體則光帶上必排列縫形數行若縫甚闊則光帶上彼此遮蔽幾分若欲觀極清光帶不可有遮蔽之形也

第二百九十九節　如欲觀極清光帶則所用之縫須甚窄令光條透過數箇三稜體則光帶之分列甚大

第三百節　若用此法得一日光帶必有多黑線間之考究此黑線者始於英人華剌司脫後有普魯斯人發卽胡發聰慧異常用法考究黑線而畫其圖每線定其記

號後人即名之曰發郎胡發線

論發光與熱并喻光與熱有交互之事

第三百一節　發郎胡發線撫光浪格致家極意考求不知其故後有各出弗心思靈敏試驗發郎胡發線而得其實據從此知日光爲何質之氣所成又可知恒星與星氣爲何質之氣所成後又有格致家依各出弗之理而求得新理甚多

第三百二節　各出弗解發郎胡發線之理云每一體白熱之時能自然發出何等之光線其同體喻之不合光線透過則有此黑線

第三百三節　炭養氣化合生光即發出甚熱之炭養氣其光線大半不能透過炭養氣之光因炭養氣自能發光也燒鉀所發之光線大半不能透過鉀氣之光燒鈉所發之光線不能透過鈉氣之光燒鋰所發之光線不能透過鋰氣之光燒他質亦然

第三百四節　若某質點盪動之數合於傳光氣盪動之數則質點極易隨傳光氣浪盪動亦可用他說以解之曰某體所發之光線其同體必喻之不合透過也

第三百五節　設有白光條透過極黃之鈉光此白光內之黃光被鈉光喻去祇透過其餘之光線

第三百六節　設用電氣之光透過三稜體而射至白屏則成電光帶若於電氣光條內燒鈉成光則電光帶上無黃光且電光帶本有黃光處成暗影

第三百七節　依此法又置一別光於光條內若燒金類之氣已濃即可去光帶上之各色若燒數金類之氣置於光條內即滅去光帶上金類氣自有之光色

第三百八節　假如代電氣光用一球大如日體且球外包燒金類之氣此金類氣能自然發其光線球體所發之光線不能透過金類氣故有發郎胡發線

第三百九節　日體似鎔化之球球外包發光之氣若發光氣之光與球所發之光同其氣必喻去球內發出相同之光線故日光帶上有發郎胡發線

第三百十節　此發郎胡發線微細之甚且似黑者日體外包之氣所發之光令發郎胡發線明然此線之明與光帶上之餘光相比差之甚遠故視之若黑也

第三百十一節　假如滅去日體內球而留其外包發光之氣令發郎胡發線照於黑屏上即爲有光之線目能見之且此線之形與金類氣光之明線無異此發郎胡發線可云日之明線也

第三百十二節　日體外包發光之氣約有質點攙和若

雲氣然且地面受日之光大約從如雲之質點而來然成發郎胡發線之氣在如雲質點之外也

論太陽化學

第三百十三節　視發郎胡發線即可知日體外之氣是何種金類之氣

第三百十四節　設用一縫以透光若合燒鈉之光與日之白光同時透過此縫又透過同式三稜體即於白屏上能見日光帶又能見鈉光所成之黃色明線此黃色明線合於日光帶上丁號之發郎胡發線

第三百十五節　假如日體無內球祇有外包發光之氣則光帶上有丁號發郎胡發線不為暗而為明考其性情與其線之所在自鈉光發出故可知日體外包發光之氣有鈉前二百八十三節已言仔細看鈉光黃色明線即分數行明線此日光帶丁號發郎胡發線亦分數行明線因有黑色間之也

第三百十六節　又以成明線之各種金類考之愈無所疑若觀日光帶上發郎胡發線亦與金類明線之所在與數相合不過黑色耳故可知日體外包發光之氣內有鐵鈣鎂鈉鉻此金類元質也詳見化學諸書并他種金類質後有西士海更士依此法考究行星之光并恒星星氣之光

論行星化學

第三百十七節　月與行星借日之光以為光若同射之光與外包之氣無涉即月與行星光帶上之發郎胡發線與日無異

第三百十八節　月光帶之發郎胡發線同於日故可知月外無氣包之

第三百十九節　觀木星之光帶可知有空氣包木星之體且氣之吸光不少又知木星外之空氣與包地球之氣有數種相同土星之光帶內無極清之發郎胡發線內有數線與木星之發郎胡發線相同

第三百二十節　土星與木星光帶上所有之發郎胡發線火星之光帶無之火星光帶上藍色之處大半被吸藍因火星紅色故也

第三百二十一節　金星光帶上有日光帶所有極清之發郎胡發線餘無線也

論恒星化學

第三百二十二節　畢宿大星外有氣包之其氣中有輕氣鉀鎂鈣鐵鉍碲銻汞參四星外亦有氣包之其氣中有鉀鎂鈣鐵鉍此亦元質也詳見化學諸書中

第三百二十三節　設某恒星能成一星光帶光帶內即

有發郎胡發線且恒星之發郎胡發線各自不同故可知某恒星爲何種金類氣所成

第三百二十四節　紅黃兩色之恒星有極清之發郎胡發線白色之星發郎胡發線亦甚多其色甚淡也

第三百二十五節　若以各色恒星之光帶比較之即可知所現光帶由星體外包各氣故得此發郎胡發線於光帶中甚多此色已被星外之氣蝕去其餘之色可射至人目西士率起在羅馬城時試驗數百恒星之光帶後依發郎胡發線分恒星爲四種

論星氣化學

第三百二十六節　星氣有明線而無明光帶又有一種星氣有明光帶大約有明光帶之星氣非氣質所成有明線之星氣其光從極大熱度之質而來且必爲氣質所成故光不甚濃也

第三百二十七節　氣質之星氣中以意度之必有輕氣與淡氣

論日體外有紅凸之形

第三百二十八節　天文家於日食既時測見圓周外有凸出之形色似玫瑰此凸處從日體伸入天空有數千里之遙尋常時目不能見因日體之光甚濃也

第三百二十九節　若月在地與日之間月體能掩日之濃光故自地球上能見日體紅凸之形

第三百三十節　西士突郎圖考究日體紅凸之形言日體外有無數紅質包之後有西士六刻六兒考究此事云日體外有紅質全包之

第三百三十一節　若用斯必得倫鏡觀紅凸形之光帶即知此凸形爲火燒輕氣而成此輕氣內有鉀鎂二氣合之

第三百三十二節　昔有西士楊斯姆在印度測量時有六刻六兒亦在英國測量其時日食未既亦見紅凸之形此事與二百八十四節內所言之理有相關蓋明線之光甚濃因無分列之光帶也

第三百三十三節　若合成輕氣明線之光透過數箇三稜體即合其分列而淡若已淡而不能再分列則燒輕氣之光在光帶上可蝕去其輕氣相配之色用此法測日體外包之輕氣而得其實據故六刻六兒能知日體有輕氣全包之又以明線之長短分輕氣之厚薄而得其中數有五千里且云日體外之輕氣若大海然淺則明線短深則明線長紅凸處爲輕氣之大浪此大浪有時高七萬里也

第三百三十四節　日之光線斜射至雨點內即折光而回射於兩點之後面既出雨點之後面入空氣中又有折光

第三百三十五節　光線既被折兩次白光條即分為各顏色從此處回射於人目其觀虹之人必背日也

第三百三十六節　日光線出雨點之後必漸離而甚淡人目幾不能見之然角度甚高處之射光線已兩次被折屢次回射此處光線出雨點時幾為平行所以光濃而目能見之此種濃光線與拋物線鏡回射之光線無異上言角度甚高處之射光線後變為平行光線與折光之度有相關且大小不同也

第三百三十七節　假如自日體至人目作一直線而引長之再自人目起作一線與第一線成四十二度三十分之角此線引長至雨點此雨點所發平行光線之紅光條至人目以後一切雨點之紅光條至人目內皆有四十二度三十分之角即有紅色之虹自日體過人目引長之線為圓錐形之軸線圓錐形之底為一虹周即紅虹也圓錐形之頂為兩倍四十二度三十分之角頂為人目日徑約為半度故紅色之虹約闊半度

第三百三十八節　若從人目作一線與第一線（即自日體過人目引長之線）成四十度三十分之角此線引長至雨點此雨點所發平行光線之紫光條至人目凡與軸線成四十度三十分角之線引長至雨點必為紫色平行光線至人目內人目既為圓錐形之頂若頂角為兩倍四十度三十分之角即在圓錐形之底周有紫色之虹紅紫兩色之內有其餘各色之虹

第三百三十九節　虹之在空中亦一光帶也兩點即透光三稜體也虹之闊約二度虹之大小與日高於地平若干有相關日出沒地平時之虹為最大斯時人立於曠野間能見虹之半周若立於高山之頂能見虹大於半周

第三百四十節　以上言正虹之理其外又有副虹（亦名分映虹）其色稍淡而色之次序與正虹相反正虹之紅帶在上副虹之紅帶在下也

第三百四十一節　副虹之各光線在雨點內有兩次回光兩次折光因兩次回光故副虹之光更淡成正虹之各光線自雨點之上半射入由雨點之下半而出成副虹之各光線自雨點之下半射入由雨點之上半而出則射光線與回光線成交點而射至人目副虹闊三度

半較之正虹高七度半正虹與副虹間兩點內之光不同射於人目故兩虹之間不甚明也

論光浪彼此相阻之理

第三百四十二節　凡欲知浪行必當分別其兩事一爲浪之動一爲浪內各質點之動蓋浪之動向前甚急而浪內之各質點不過盪動也假如海面有水鳥浮於其上浪行甚速浪面之水鳥不過隨其高低不致移往他處也

第三百四十三節　水浪內各水點之升降若干或浪比水鳥高低若干即變度也

第三百四十四節　若有兩光原盪動傳光氣而成光浪則必彼此相阻或彼此相撞此種形狀可以水浪譬之

第三百四十五節　假如水面本無浪同時投兩石於水內此兩石遇水面之處各有漸大漸近之浪圈設仔細看兩石中點見兩浪相遇之處爲兩浪之凸處即兩浪之總高數也

第三百四十六節　兩浪之凹處相遇即兩浪之總低數也

第三百四十七節　第一對浪圈相遇之處其續來之浪亦於此處相遇或凹或凸爲二浪高低之總數

第三百四十八節　自任一浪凸處至續來之第二浪凸處爲浪之長自任一浪凹處至續來之第二浪凹處亦爲浪之長設所視之處不在兩石之中間而離中間一浪長之處亦能見其相遇凹凸之狀所不同者兩石分遠近能見遠處之第一浪遇近處之第二浪也

第三百四十九節　人目所視之處或離數浪及數十浪之長均無不同也

第三百五十節　設所視之處離兩石中間奇數半浪之長如一半浪三半浪等是也半浪爲凹處則一凸浪至此處有一凹浪遇之如此則一浪之力欲降一浪之力欲升兩浪之力彼此相減而爲平凡所視之處離奇半浪之長可見其如是也

第三百五十一節　浪之彼此相減而爲平猶聲浪之彼此相減而無音也猶熱浪之彼此相減而成冷也亦猶光浪之彼此相減而生暗也光學家知光有浪之性情故謂之光浪焉

第三百五十二節　此浪與彼浪相遇或更高或更低或彼此高低而爲平此謂光浪或加或減之理

論光浪環繞之理

第三百五十三節　奈端已知氣理有數種格致之事用

氣理解明之性光浪之理奈端數之曰光累爲氣浪必當環繞體外而不能有影也近時光學家信光浪之理者曰光浪確有環繞之事惟因彼此相滅而生暗也

第三百五十四節　光浪環繞各體之後名曰轉浪茲詳述轉浪之理如左

第三百五十五節　欲詳察轉浪之理必當用一點或一線爲光原若用一大面或大體爲光原則轉浪之理因其發光點之浪彼此相滅不能顯也

第三百五十六節　以一點爲光原之法在暗室中用一短頂距之透光鏡令日之平行光線由窗戶之小孔透過此鏡在聚光頂有日之小形像或用鍍銀小球或將表面玻璃漆黑皆可得日之小形像卽一點之光原也

第三百五十七節　又可於暗室之壁開一細縫令日光由此縫透過圓柱形透光鏡於其光頂成一線卽光原也亦可用內面漆黑之玻璃管令回光而成一線又有數種試驗之法不必用透光鏡回光鏡之法而令日光透過暗室小孔或小縫以明轉浪之理

第三百五十八節　下數節講明試驗之法用一可狹可闊之縫置一紅玻璃於縫間以取有色之光再置電氣光於縫外令透過紅玻璃而入暗室室內稍遠處亦用可狹可闊之縫以望對面之縫

第三百五十九節　設兩縫在一直線內而望電光燈所燒之炭點卽見前面之縫爲長方形其光甚濃長方形之左右又有數長方形其光之濃依次漸減各長方形分隔之處其色甚黑

第三百六十節　長方形闊若干與近目之縫相反若以近目之縫加闊長方形必狹且各長方形之相距更近若以近目之縫變狹長方形必闊且各長方形之相距更遠矣

第三百六十一節　長方形闊若干與近目之縫闊若干有反比例

第三百六十二節　若不改以上之法祇用藍玻璃代紅玻璃或用膽礬水阿摩尼阿水而令光透過此水如前法望之卽見藍色數長方形較紅色者更狹其相距亦更近

第三百六十三節　設用光帶上紅藍兩色間之色則各長方形之闊狹與相距之數亦在紅藍兩色之間若令白光透過此縫卽有一光帶而無單色之長方形每光帶內折光角最大之色近於縫折光角最小之色遠於縫

第三百六十四節　設用燭火爲光原亦能如是不過長方形之色更淡不及電氣光之濃也

第三百六十五節　試驗之後尚不知左右有長方形之故若以奈端發質點之理解之必致扞格不通矣若以光浪之理解之則事事皆有確據而無所疑矣

第三百六十六節　凡解明深奧之理簡則易明故先解單色之長方形自透光之縫有光浪行動至近目之縫而滿之已透過近目之縫一光浪直行至人目之筋網又有轉浪令縫後傳光氣盪動成浪已過縫之光浪其每一點又爲轉浪之中心其轉浪向縫後各方向而行以下講明轉浪彼此相加相滅之理

第三百六十七節　先論中長方形　直過縫之光浪至人目其浪之各點同時至人目之筋網故直行之光浪成一箇中長方形

第三百六十八節　轉浪在縫後向兩旁而行其浪自縫之左右至人目遠近不同因左右至目之路與中路分遠近也假如此遠近之差數爲一箇紅浪之長筋網究如何能覺之也

第三百六十九節　先詳察過縫中界至目之光線中界之光浪與經旁之兩光浪差半浪之長自縫左右所發之光浪在縫之中間各遇一浪既有半浪之差數所以彼此相滅而無光中界之旁各有黑處故可知浪行向旁而令左右之浪相遇處差全浪卽成黑處

第三百七十節　若旁浪之差數爲半浪卽不全滅其光此種光之明爲直行浪十分之四

第三百七十一節　若左右之浪差三半浪之長而光條分爲三平分卽有二平分彼此相滅而第三平分之光條甚明也所以轉浪之斜度成三半浪之差數卽成長方形之光然較之直行之光條甚淡耳

第三百七十二節　若左右之浪差四半浪卽二箇浪之長卽有第二箇分隔處其色甚黑故可知偶半浪差數卽有無光之處奇半浪差數不過減光數分也

第三百七十三節　已知以上之理又可知浪之變度愈小旁行之變度亦愈小成無光處更易故極濃極淡之藍光離中心甚近極濃極淡之紅光離中心甚遠其餘之色由此而推此解明三百五十九節之理言光有浪之性情也觀時若用一遠鏡更覺詳細

論量光浪之長

第三百七十四節　已知上所言之理卽可知量光浪之長之法

第三百七十五節　上言中長方形之左右第一分隔處應差一浪之長第二分隔處應差二浪之長第三分隔處應差三浪之長等昔有西士賽特試驗此事所用之縫濶一·三五密理邁當（一密理邁當等於英寸約二十五分之一）量第一分隔處相距角度一分三十八秒第二分隔處相距角度加一倍第三分隔處相距角度加三倍等

第三百七十六節　假如畫縫之圖其濶爲呧哦有一斜光條與縫之一邊相遇成角等於第一分隔處之角度從哦點作光條之垂線而遇光條於丁則呧丁爲光浪之長後以哦爲中心以一·三五爲半徑（即呧哦）作一半周則呧丁直線爲弧之一小分（即爲一分三十八秒角度之弧）此半周之長等於四二四八密理邁當故半周之長與呧丁光浪長之比若一百八十度與一分三十八秒之比即六十四萬八千秒與九十八秒之比故有比例式

$$\frac{\text{呧丁}}{\text{半周}}=\frac{\text{一分三十八秒}}{\text{一百八十度}}$$

用此比例式即得呧丁之長〇〇〇〇六四三密理邁當或爲〇〇〇〇二六英寸即紅光浪之長也

第三百七十七節　又可令有色之長方形射至白屏上而觀之其法用大力之透光鏡從第一縫來之光合成一聚光頂後置第二縫於光頂與白屏之間如用此法其光似不從燈來似從聚光頂而來

第三百七十八節　若置一刀口於光條內與縫平行則刀口成影於白屏上在刀口影之外有平行之條其色不同所用之光不過單色即平行之條明暗相間無論用刀之背或用他物均能如是故可知與刀口平行之條不係於刀質爲何種也實因光轉浪於刀口之後而彼此有相滅者

第三百七十九節　若置一粗鐵絲於光條內則鐵絲成影於白屏兩邊皆有明暗相間之平行條若用一細鐵絲或髮一根即無影然有影之處之平行條可名之曰外色紋無影之處之平行條可名之曰內色紋可顯光浪彼此相加相滅之理

第三百八十節　上所言之縫有似兩刀口所成所以在聚光頂與白屏間置一有縫之物即在白屏上縫界之間有色紋滿於白屏

第三百八十一節　若用一小圓孔而觀遠處一光點即見發光點之處有光帶色之圈若用單色之光即見發光點之處有一紅一黑相間之圈

第三百八十二節　設改其孔之形或增其孔之數亦能如是不過改其形像耳夜間觀街市之燈光而用手巾遮於目前亦可顯光有轉浪之理昔時賽特用羽毛看光而知光之形狀甚有可觀因轉浪之故也瑞士國高山之雲其色如虹亦因轉浪之故也

第三百八十三節　昔有法國人潘雙意言若用一不透光之圓片其圓影之中心有光之濃淡若干與無此圓片無異其後有人試驗之確有此事亦轉浪之理也此爲一點之光原而言若光原大於一點即不能如是也

論透光片之色

第三百八十四節　設用一紅色光條射至透光薄片上如雲母石之類即從上面回射幾分後光入內面亦回射幾分必稍遲此與三百四十五節內所言兩石投水離中界不同之理無異

第三百八十五節　內面回射之光較之上面回射之光之光與上面回射之光較之一面者更明猶之水面兩浪相激非更高即更低也

第三百八十六節　透光片之厚若干能令內面回射之光浪彼此相加故回射之光較之一面者更明猶之水面兩浪相激非更高即更低也

第三百八十七節　設從上面回射之光與從內面回射之光有奇半浪差數則從此兩面回射之光浪彼此相滅故上面回射之光與內面回射之光相併即內面之光浪滅去上面之光浪如此透光薄片暗而無光

第三百八十八節　若透光片各處厚薄不同即有或明或暗之處亦依光浪奇偶相遇之理而生

第三百八十九節　各色之光浪其長不同故光帶中各色之光線射於透光片上紅光浪準合則他色之光浪不準合紅光明者藍光必不明藍光明者紅光必不明光浪愈長透光片宜加厚設如有一透光片其厚若干可滅某色之光浪不能滅他色之光浪者因他色之光浪適準合也若透光片各處厚薄不同而有白光射於其面即現數色

第三百九十節　以上講明透光片之色

第三百九十一節　肥皂水泡浮於空中油浮於水面未錘打之鋼鎔化之鉛皮均有各顏色西人邦皮利所造之漆有金類之光飛蟲之翼亦有金類之色無論何種透光片皆能現此各色高山之下所成冰溪有暗色之冰剖析而成薄片亦能現此各色

第三百九十二節　昔時奈端置一大徑之弧面透光鏡於玻璃片上兩物之間必有空氣離中愈遠空氣愈厚

故成一層空氣片然後用單色之光照於透光鏡一明暗相間之圈此圈之所在與光線前側之差有相關

第三百九十三節　紫色之圈小於紅色之圈其餘色之圈在紅與紫之間若用白光照於空氣片上即成七色之圈若用單色之光則見光圈之數甚多若用白色之光而令數圈相合則圈少而為白色矣

第三百九十四節　奈端所用之器雖不甚精而量光圈之徑固未差也用透光鏡之頂距并用其質之折光指推算透光鏡之全徑又算得光圈之全徑而知其徑之平方若一二三四之比例又知全徑相對空氣片之厚薄若一與二三與三三與四之比例

第三百九十五節　奈端推算空氣片厚薄若干所用之光以金黃與正黃兩界中之色為最明所以算得第一圈空氣之厚為十七萬八千分寸之一

第三百九十六節　所算各光圈空氣片之厚如左

一圈十七萬八千分寸之一

二圈十七萬八千分寸之三

三圈十七萬八千分寸之五等

光圈所間之暗圈其空氣片之厚如左

一圈十七萬八千分寸之二

二圈十七萬八千分寸之四

三圈十七萬八千分寸之六等

第三百九十七節　奈端因不信光浪之理故立一說曰易透光易回光相合之時故成此圈也蓋奈端之言光發質點也其動有二一周繞本軸而動一透過空氣及透光質而動大約發出之光質點如電氣之喻鐵然雖極細微亦有陽極與陰極

第三百九十八節　由上所言之理推之尋常回光折光之理與電氣喻推之理同（回光是推折光是喻）

第三百九十九節　試依奈端所言之理而論透光鏡與玻璃片所成之光圈如左

喻極遇此面即喻入空氣薄片內若質點已自轉一周則喻極遇下面之玻璃片仍喻入而無回光即有暗圈

第四百節　若質點已能自轉一周或三周等亦能喻入玻璃片內而不回光且空氣片愈厚光質點自轉之數愈多也

第四百一節　若質點不過自轉半周或一周又半或二周又半等則不能喻入必推而回光則成一明圈

第四百二節　觀上所言之理可知奈端之意與光浪之

理相反也據奈端之意明暗相間之圈關乎內面同光之事而信光爲浪之理者則曰內外兩面同光之浪相加更明相減更暗余於前數節已解明光浪之理可無疑矣若用極光之事卽可去其一面同射之光而賸其一面同射之光如此則無相加與相減亦不能有光圈矣如用法試驗之卽知光浪之說不謬也

第四百三節　奈端所設之法實創從前未有之奇可謂神妙矣且亦有幾分確據試觀透過幾分之光成淡色之圈此淡色之圈對準無色之圈

第四百四節　此淡色之圈亦可用光浪之理解之前三百八十四節內言光條透過幾分此幾分透過之光浪與兩次同射之光浪成此淡圈

前三百九十六節內言第一圈空氣厚十七萬八千分寸之一此數爲奈端所用之光浪卽金黃與正黃兩界中之色長四分之一所以從第二面同射之浪與第一面同射之浪差半浪因透過空氣有四分之一後同射有四分之一故有半浪之差數當有暗圈不當有明圈然則厚十七萬八千分寸之三與厚十七萬八千分寸之五等皆爲奇半浪之差數亦當有暗圈不當有明圈論暗圈之所在關乎此處空氣之厚薄若此處之浪爲偶半浪之差數必當有明圈不當有暗圈此必有別故可解說之

第一面光浪從濃傳光氣至淡傳光氣內空氣中傳光氣淡玻璃內第二面光浪從淡傳光氣至濃傳光氣內此兩面之較數等於半光浪所以同射之時應加此半浪卽與上所言之數奇偶相反矣奚疑夫明者爲暗暗者爲明耶觀前三百四十八節至三百五十節所言之理亦無不合

論歧光

第四百五節　水與空氣以及緩冷之玻璃此種質內其凹凸力各處平勻故質點化合之性不傷傳光氣之凹凸力

第四百六節　水成顆粒卽冰結其凹凸力不能處處皆勻蓋結冰之時質點有一定之排列於是一方向之顆粒更緊一方向之顆粒更鬆包質點之傳光氣亦變其凹凸力之方向而各處不同

第四百七節　一片冰內其上下兩面之凹凸力不等於左右平行之凹凸力

第四百八節　愛而倫刻斯羅其合質爲鈣養炭養卽冰地海扇之灰石內傳光氣之凹凸力不勻故透過此物之光浪分爲二股一股浪依其凹凸力之大者而行速一股浪依其凹凸力

之小者而行遲

第四百九節　光浪之行速率最大則折光角最小光浪之行速率最小則折光角最大愛而倫刻斯罷內二股浪之速率不同故有兩折光線而成歧光

第四百十節　成顆粒之物有歧光者甚多若成顆粒之各質點排列不勻而各方向之凹凸力不同即包質點傳光無各方向之凹凸力亦不同故成歧光

第四百十一節　石鹽明礬等成顆粒之物其各質點之凹凸力平勻故此類之顆粒與玻璃水空氣無異不成歧光

第四百十二節　又有幾種顆粒其內質點依一定之方向排列若改一方向其排列即不同假如冰顆粒若順冰面垂線之方向其質點之排列甚勻

第四百十三節　愛而倫刻斯罷最短之對角線即為顆粒之樞線此樞線周圍各質點相和緊密排列平勻（愛而倫刻斯罷內有三箇方向易剖析之其剖析之面彼此成斜角石鹽亦有三箇方向易剖析之其顆粒成立方形又有顆粒其剖析之方向難易各方向不同如冰糖顆粒剖析之方向難易不同也）

第四百十四節　若日光線順冰面之垂線而透過之即無歧光順愛而倫刻斯罷之樞線而透過之亦無歧光無論何質光線順一方向透過此方向之周圍質點排列平勻即無歧光

第四百十五節　無歧光之樞線名曰視樞線

傳光氣內光浪益動之方向與光線之方向成正交故知某質內傳光氣與光線成正交之凹凸力可定光行之遲速愛而倫刻斯罷順其視樞線之光速率最小故與視樞線成直角傳光氣之凹凸力亦小若光浪益動之方向合於視樞線之方向則光速率最大凡一物內之各質點緊密平勻則傳光氣凹凸力之面譬如一圓球而凹凸力為其半徑也愛而倫刻斯罷內凹凸力之面譬如一橢圓體其大徑合於顆粒之視樞線

論試驗愛而倫刻斯罷之法

第四百十六節　設有一光條透過愛而倫刻斯罷內而分為二光條理各不同其一合於尋常折光之理無論射光角大小如何其射光角與折光角必有一恒比例謂之常折常折光線射光角正弦與折光角正弦之比若一六五四與一之比亦可云空氣中光速率與愛而倫刻斯罷內常折光線速率之比若一六五四與一之比此為愛而倫刻斯罷之常折光指

第四百十七節　其二不合於尋常折光之理折光指亦

不爲恒比例且折光線與射光線大約不在一平面內謂之歧折設用愛而倫刻斯罷爲三稜體令其稜與視樞線平行若光線透過三稜體之時與視樞線成正交則常折與歧折之差數最大如用此法順視樞線之凹凸力與視樞線成正交之凹凸力二者可以相較故愛而倫刻斯罷阻當歧折光線之力最小光遞率最大其歧折光指爲一·四八三

第四百十八節　愛而倫刻斯罷內之歧折光指一·四八三至一·六五四因射光角與折光角正弦比例最小者爲一·四八三故以此數爲歧折光指

第四百十九節　設於暗室中用一愛而倫刻斯罷觀一透光小孔卽見兩孔於白紙上作一黑點觀之卽見兩點若以視樞線旋轉之卽見其一點定而其又一點繞之而動

第四百二十節　此動點由歧折光線而來故謂之歧點

第四百二十一節　所見之二點離目一近一遠折光角愈大點離目愈近故近點由常折光線而來謂之常點前一百三十一·一百三十二兩節內言深水視之若淺水若用炭硫流質視之其器之底似更淺因其有甚大之折光指也愛而倫刻斯罷之常折光指與歧折光指之比若炭硫折光指與水折光指之比此爲略數故常點之形更近於歧點之形

第四百二十二節　西士普兒斯登考究顆粒之理而知有多種顆粒有雙視樞線光條順此雙視樞線之方向透過卽不分爲歧光如冰糖雲母石合肥斯罷其合質爲鋁養硼養石膏其合質爲鋁養硫養土不爾斯其合質爲鋁養矽養內養氟養代之皆有雙視樞線

第四百二十三節　依分別視樞線之法各顆粒可分爲二大類一爲常折之顆粒如石顯明礬矢羅而斯罷其合質爲鋁養鉀養是也一爲歧折之顆粒又分爲二類一爲單視樞線顆粒如愛而倫刻斯罷水精普墨林其色有數種其合質亦不同詳於金石論別卷是也一爲雙視樞線顆粒如哀來果奈脫其合質爲鋁養鈉養炭養非而斯罷其合質爲鋁養矽養鈣養及上節所言之顆粒是也

之離視樞線近於常折光線之離視樞線故顆粒又分二類不喻者如愛而倫刻斯罷露佩有紅色者出於巴西國其合質不同以鉀養鎂養爲要質薩非阿其合質爲鋁養曷密兒愛兒其合質有鉛養鋁養砂養鈉養其色甚綠由鉛養而得倍里爾其綠色稍淡其合質與曷密兒愛兒同惟鉛養甚少耳普墨林是也喻者如水精冰入爾康其合質爲鋁砂養是也

論極光

第四百二十五節　愛而倫刻斯罷有歧光之性情此爲丹國人伯脫離奈斯所考知於一千六百六十九年著書遍告於格致之士以後海更士用光浪之理解說之

第四百二十六節　海更士試驗之時用愛而倫刻斯罷一塊先將一光條透過第一塊若不順其視樞線即分常歧兩光線其明相等後以透過之常光線再透過第二塊又分爲常歧兩光線其明或不相等海更士又試得二方向可令第二塊祇有一光線其餘方向皆有二光線也

第四百二十七節　已置第二塊之方向祇有一光線然後旋轉之即見又一光線漸加其明其原有之一光線漸減其明如是兩光線必有等明之時設仍旋轉之原有之光線仍漸減其明其又一光線仍漸加其明如是原有之光線已隱其又一光線甚明

第四百二十八節　奈端知此事而論之曰光線透過第一塊愛而倫刻斯罷已分爲歧光之後有兩箇面似喻鐵之二極故光質點過第二塊愛而倫刻斯罷或透過或滅去也後人因奈端論此兩面似陰陽二極即名之曰極光

第四百二十九節　西士馬勒司於一千八百零八年在法國都城內王宮偶見玻璃窗上所嵌透明石類有歧光後旋轉玻璃窗即見常折光線所成之形像若無又旋轉玻璃窗即見歧折光線所成之形像若無此人已知昔有海更士考究愛而倫刻斯罷極光之事故欲從玻璃回射之光改其光線旋轉之時有一方向不能見常折光線又一方向不能見歧折光線

第四百三十節　欲試驗極光之事用普墨林爲最便因其有歧光之性情即內分射光線爲二又因普墨林質點排列之法可令傳光氣凹凸力各方向不同故一光線極易透過一光線幾似滅去也

第四百三十一節　欲明極光之理者不可遺忘傳光氣質點盪動之方向與光行之方向成正角且尋常光條其質點盪動之浪周圍皆有之（詳見第二百十九節）

第四百三十二節　若此普墨林厚薄適中而一切光浪

其傳光氣質點盪動之方向合於視樞線之方向則光條極易透過其餘各方向之盪動幾似滅去故光漠難於透過也此易透過之一光條其質點盪動合於同平面名曰平面極光之光條

第四百三十三節　設有一圓柱形之光條其傳光氣盪動合於平面若順其正交線而觀之可見傳光氣質點盪動之狀若順其盪動之方向而觀之第見質點而已不能見其盪動之狀也此不過言其應有之理質點小甚烏能見之耶依光漠之理亦有此兩面之事此事海更士已言之奈端又以質點之理解此兩面之性情

論用回光法成極光

第四百三十四節　回射之光亦有兩箇面之性情此爲馬勒司偶然試得之事凡光條射至玻璃面不論射角之大小其回光有幾分極光差卽光漠之盪動幾分順同平面也各質皆有一定之射光角或大或小其光條回射之後盪動之方向順同平面此一定之射光角名曰極光射角

第四百三十五節　普兒斯登考究顆粒之理亦試知極光射角與透光質之折光指有相關所以知某質之折光指等於極光射角之正切凡一光條射至透光質上幾分回光幾分折光若回光線與折光線成正角則射光角爲極光射角

第四百三十六節　透光質之折光指愈大極光射角亦愈大水之極光射角五十三度玻璃極光射角五十八度金剛石極光射角六十八度

第四百三十七節　尋常光條內傳光氣質點向各方向盪動若光條射至某質之角爲極光射角而傳光氣質點盪動之方向與其質面平行其面名曰極光面

第四百三十八節　設已有極光之光條從玻璃面回射於第二塊玻璃面上且光條與第二面所成之角亦爲極光射角此第二面依第一法置之則光條自其面回射之光最多依第二法置之竟無回射之光全透過玻璃也用此兩法不可改其極光射角祇可改其回射光條之面

第四百三十九節　傳光氣質點盪動之向與玻璃面平行則回射之光甚多與玻璃面成極光射角則全透過玻璃也用此法卽成四百二節內所言之事其法令傳光氣質點盪動之向與第一面成極光射角則光條全透過玻璃面而無回射之光線也且奈端所言明暗相間之圈亦不能見矣

第四百四十節　凡光條與平行面玻璃片所成之角爲極光射角透到第二面亦爲極光射角故兩光條皆有極光差而從第二面回射之極光差是全也若用數玻璃片令光條從其面回射卽得極光差之光條其最後回射極光差之光條濃於用一面者

論用折光法成極光

第四百四十一節　上所言者回射光條之極光透過玻璃之折光條亦有數分極光此兩極光差相等

第四百四十二節　折光條內傳光氣質點盪動之面與回光條內傳光氣質點盪動之面成正角

第四百四十三節　若用數玻璃片平行置之令射光條與玻璃片成極光射角卽於每面回射幾分有極光差且每面亦有等極光差透過而不回射也若多用玻璃片卽有一界以後玻璃面無回射之光一切之光皆透過玻璃面此種光條有全極光差

論用歧光法成極光

第四百四十四節　上數節所言之極光不過用尋常折光之法四百三十二四百三十三兩節內已言及用歧光而成極光之事所用者爲普墨林以下言用兩片普墨林考究極光之事

第四百四十五節　用兩片普墨林令光條射於其上者此兩片普墨林之視樞線平行則光條透過兩片若不平行而成正交則光條透過第一片而不能透過第二片且兩片相合之處甚暗因第二片噙滅第一片之光也

第四百四十六節　若兩片之視樞線成斜交則光條有數分透過兩片而成暈因有盪動之斜光痕也用并力之理分斜光痕爲兩箇方向（一與視樞線成正交一與視樞線平行）平行盪動者滅去正交之盪動也

第四百四十七節　假如兩片普墨林之視樞線成正交再以一片普墨林置於其間令其視樞線成斜交卽不全滅其光因第一片與中片已成斜交中片又與第二片成斜交也

論光線透過愛而倫刻斯罷之事

第四百四十八節　可用普墨林試驗已透過愛而倫刻斯罷之光線又分爲二光線（卽尋常折光線與歧折光線）

第四百四十九節　先考究其一光線而知普墨林有一定安排之方向則光線易透過若安排之方向轉過一象限則光線不能透過故可知透過愛而倫刻斯罷之一光線有極光

第四百五十節　既知置普墨林之方向則透過愛而倫刻斯罷之極光亦可知其傳光氣質點盪動之方向設置普墨林視樞線與地平成正交則極光過普墨林時盪動之方向與視樞線之方向同若置普墨林視樞線與地平平行則極光過普墨林時盪動之方向亦與視樞線之方向同用此法試驗又一光線而知亦有極光

第四百五十一節　透過愛而倫刻斯罷之二光線其傳光氣質點盪動成正交之方向何故解之曰普墨林之視樞線與地平成正交即減去一光線而讓又一光線過之普墨林之視樞線與地平平行即減去又一光線而讓一光線過之

第四百五十二節　設用電光燈而前面置一普墨林片其視樞線與地平成正交用一透光鏡令普墨林之形像射至白屏再用一愛而倫刻斯罷片令其一光線之盪動方向與地平平行又一光線之盪動方向與地平正交置此愛而倫刻斯罷片於透光鏡之前白屏上有兩箇普墨林形像一明一暗電氣光透過普墨林以後其光線之盪動方向亦與地平成正交故順愛而倫刻斯罷樞線之方向透過而成明形像其不與地平成正交者成暗形像也

第四百五十三節　若透過普墨林之光條在豎立之玻璃片上成極光射角其同射之極光在白屏上之形像甚暗若透過普墨林之光條在平置之玻璃片上成極光射角其同射之極光在白屏上之形像甚明此事即上所言用同光法成極光之理也

第四百五十四節　成顆粒之物固有歧光極光之性情若一切物件之質點其排列不勻令傳光氣凹凸力各方向不同亦有歧光極光之性情

第四百五十五節　動物植物類之透光質有歧光之性情者亦多若將火石玻璃或用牽力與擠力令其質點排列不勻即有歧光若玻璃之熱度此處與彼處不同亦有歧光逐冷玻璃有歧光之性情若將火石玻璃一塊令其一處之熱度甚大則此處之周圍漲力亦大故有歧光若用此種透光質置於兩片普墨林之間（兩片普墨林之視樞線須成正交）即令不透光之處稍能透光

第四百五十六節　用兩片普墨林另置一透光片於其間即成一極光鏡普墨林之第一片名曰極光片第二片名曰分光片

第四百五十七節　普墨林欲得明淨無色而極大者甚難故用普墨林不能成最濃之極光若能設法或云愛

而倫刻斯罷之一光線則又一光線爲最濃之極光因愛而倫刻斯罷明淨無色其光濃於普羅林也

第四百五十八節　西士匿可想得一法用長斜方體愛而倫刻斯罷斜分爲兩片摩平其面再用加拿大寶森（此物與松香同類其樹產乎北亞美理駕之加拿大地方以是得名）與兩片愛而倫刻斯罷黏合此加拿大寶森之折光指在愛而倫刻斯罷常歧兩折光指之間小於常折光指大於歧折光指也有一光條透過愛而倫刻斯罷其常折光線透過加拿大寶森之時即從濃質入淡質故有全回光若推去此常折光線也然歧折光線透過加拿大寶森之時即從淡質入濃質故不回射而透過愛而倫刻斯罷則有最濃之極光欲明此理須先知一百二十三、一百四十一、百四十二、三節所言之理也

第四百五十九節　上所言長斜方體名曰匿可稜體

第四百六十節　考究極光之理用此匿可稜體爲最便因是最妙之極光鏡也除此法以外尚可用別法爲極光鏡設用回光法之極光鏡以玻璃片兩塊一用回光法成極光一考究已有極光之光（即分別光浪之兩面）此法之極光片令光回射於分光片若二片平行則分光片亦有回射之極光若成九十度之角則分光片減去極光片回射之極光

論用極光射至歧光顆粒成色之理

第四百六十一節　歧光顆粒之色最易考究之法用薄而明之石膏置於極光鏡兩片之間即可詳考其成色之理

第四百六十二節　石膏顆粒西名絕不斯恩有二箇易剖析之方向一方向最易剖析其餘兩方向亦可剖析不過稍難耳然此兩方向亦分難易也

第四百六十三節　若用此三箇易剖析之面即可成長斜方薄片

第四百六十四節　石膏顆粒有歧光之性情尋常光條射至易剖析之面成垂線未入之時光浪按周圍之方向盪動而前行既入之後光浪按兩方向盪動（此兩方向成正交明光浪之兩面也）而前行

第四百六十五節　石膏顆粒內傳光氣之凹凸力不同故光浪按兩方向盪動而光行分遲速

第四百六十六節　凡折光之質能減光行速率者因減少光浪之長每一秒時光浪盪動之數未減也假如聲浪自水中入空氣內即減聲行之速率爲四分之一因減聲浪之長四分之一也（水中聲浪長於空氣中聲浪）聲之高下水

內與空氣中相同因每一秒時聲浪盪動之數不減也

第四百六十七節　石膏中光浪之理亦然因傳光氣之凹凸力不同故光浪按兩方向盪動而分其短長

第四百六十八節　以下詳論透過石膏片之光理故用愛而倫刻斯罷爲極光片有一隔片去其一光條再用匿可稜體爲分光片

第四百六十九節　愛而倫刻斯罷與匿可稜體兩片內之光浪按一方向盪動則光線從此兩片透過射至白屏若兩片內之光浪按兩方向盪動則從愛而倫刻斯罷透過之光線被匿可稜體滅去而屏上無光

第四百七十節　若用透明石膏西名雖利能愛脫置於極光片與分光片之間其極光面或準對極光片之極光面或準對分光片之極光面即不能改變屏上之光故雖利能愛脫與尋常玻璃片無異

第四百七十一節　設屏上本無光而用絕不斯恩厚片置於極光片與分光片之間其極光面或與極光片之極光面斜交或與分光片之極光面斜交即有白光射至白屏若用絕不斯恩薄片即有光色射至白屏若其片厚薄平勻則屏上之色甚純若厚薄不勻則屏上之色亦不同

第四百七十二節　設用絕不斯恩厚片而以各色之光合之即成白色

第四百七十三節　若絕不斯恩片與極光片與分光片各成四十五度之角則屏上之光甚濃

第四百七十四節　若絕不斯恩片之形如劈且用紅色光原或爲他色光原則屏上有其色并有黑色之條間隔之

第四百七十五節　若用藍色之光則屏上之藍光由絕不斯恩片最薄處透過其餘各色在紅與藍之間若用白光則屏上厚處透過其餘各色在紅色之光由絕不斯恩片最有各色之光帶其形如虹且有黑色間隔之

第四百七十六節　若用絕不斯恩爲凸透光鏡以代劈形片而以白光透過之則屏上無平行之光帶祇有七色之圈

第四百七十七節　以上考究顆粒成色之事詳細分論之　先有平面極光之光條射至雖利能愛脫即分爲兩光條其盪動之方向彼此成正交而分遲速

第四百七十八節　兩極光之方向成正交不能彼此相激更明相滅更暗因光浪盪動之方向不在同面內也

第四百七十九節　如有兩箇面之光條射至分光片令

其在同面內則可相激更明相滅更暗

第四百八十節　若極光片與分光片內之兩浪面平行而雖利能愛脫片之厚能阻住光浪而有奇半浪差數則光浪不能透過分光片而屏上無光

第四百八十一節　若極光片與分光片中之兩箇面正交而差數爲奇半浪則屏上有光如差數爲偶半浪則屏上無光此事爲光浪盪動并力之理

第四百八十二節　極光片與分光片內之兩浪面平行之時或成正交之時卽彼此有交互相反之事若成正交時屏上無光則平行時屏上有光反之亦然若成正交時屏上有綠色卽平行時屏上有紅色若成正交時屏上有黃色卽平行時屏上有藍色此爲成交互而相反之事故有九十度角之差數卽得交互之色

第四百八十三節　若不用匿可稜體而用愛而倫刻斯罷之三稜體後有極光透過絕不斯恩片卽成兩浪面之極光條又成交互色此兩種交互色合在一處卽成白光如用他種有歧光之質或爲顆粒或爲動物或用鬆緊不勻之玻璃後用極光透過之與用絕不斯恩片無異

第四百八十四節　尋常之光條透過之事若兩浪面成正交而不在同面內也故尋常光條不能彼此相加更明相滅更暗亦不能成雖利能愛脫之光

論用極光透過顆粒視樞線而分別其光圈

第四百八十五節　凡光條順愛而倫刻斯罷視樞線透過卽不分常折與歧折若光條透過愛而倫刻斯罷之方向與視樞線成角無論其小至若何卽有常折與歧折且此兩光條之浪面彼此成正交而光行分遲速

第四百八十六節　若用極光爲射光條而透過愛而倫刻斯罷之方向與視樞線成斜角則光之性情與透過絕不斯恩片無異（詳見四百七十八四百七十九兩節）若彼此成正交之兩浪面而變爲平行卽有相激更明相滅更暗之事

第四百八十七節　相激更明相滅更暗之事與愛而倫刻斯罷阻住兩浪面之若干有相關而此阻住之事又與常歧兩光條透過愛而倫刻斯罷厚薄有相關若其厚數足使兩浪面相激於同面內再加其厚之倍數（如一二三四五六等）仍相激更明此各相激之處有相滅處間之

第四百八十八節　設用圓錐形之光條順愛而倫刻斯罷視樞線透過則相激之處其視樞線周圍甚勻此種光條令愛而倫刻斯罷甚明後用單色之極光試驗其顆粒卽於視樞線周圍有明暗相間之圈

第四百八十九節　設用紅色之光其圈大於用藍色光之圈某色之光浪愈短其圈愈小若不用單色之光而用白光卽無明暗相間之圈祇有虹色之圈

若以極光片與分光片彼此成正交則圈內有黑色之十字形此十字形與極光分光兩片內之兩浪面平行其故因顆粒內光浪盪動之面或合於極光片光浪盪動之面或合於分光片光浪盪動之面不能透過極光分光兩片也光浪盪動之面與極光分光兩片內之兩浪面成四十五度之角則彼此相激而甚明此種角度光圈甚明或大於此角度小於此角度則光圈漸暗至成黑色十字形

第四百九十節　設旋轉其一片成九十度之角卽成相反交互之事黑色十字形變爲白色十字形光圈之色變其交互色

第四百九十一節　凡有兩視樞線之顆粒有極光透過卽於其視樞線之周圍有虹色之雙圈其形相連最初考究之人爲西士卑受諸立

論橢圓與球形之極光

第四百九十二節　凡兩浪面彼此成正交無論其光行分遲速不能彼此相激更明或相滅更暗

第四百九十三節　雖不改其明而光浪彼此有并力若兩光浪已有半浪之差數（不論奇偶）則兩光浪并力而順一直線而行若其差數非爲半浪之差則兩光浪并力爲橢圓形若兩光浪之差數甫爲四分浪之一卽成圓形之極光

第四百九十四節　傳光氣盪動成浪之并力似尋常鐘擺之動又似聲學中所用準音叉盪動之并力（詳見聲學第八卷第十五頁）

第四百九十五節　尋常極光并力之形總爲橢圓形自金類面回射之光有橢圓形且透光質之有大折光指者其回射之極光亦成橢圓形西士石曼考究回射之極光云無論何質回射之光皆爲橢圓形非爲橢圓形者絕少

論旋轉之極光

第四百九十六節　凡用單色之極光順愛而倫刻斯羅之視樞線透過卽不改變其性情此理前已詳論之

第四百九十七節　如用極光順水精之視樞線透過卽先旋轉其極光面若極光片與分光片已成九十度之角卽無光而暗再以水精夾在兩片之間其光卽能透過兩片故欲滅其光卽當旋轉極光片若干度此旋轉

之度數名曰極光面之旋度

第四百九十八節　有數種水精極光面之旋度不同向左旋者幾種名曰左顆粒向右旋者幾種名曰右顆粒依西士侯失勒之意既知光學之理而觀此顆粒當知左右之旋度不同

第四百九十九節　西士化學家法勒特試驗極光左右旋度之事將與水較重之玻璃條用嚕鐵電氣之一般而旋轉極光面其旋度與嚕鐵陰陽二極有相關且與電氣股有相關

第五百節　西士畢亞考究極光面之旋度而詳論其理云其理有二款

一款　旋度若干與水精片之厚薄有比例

二款　旋度與光帶內之各色光線有比例紫色之折光角最大旋度亦愈大

試驗之時用水精一片厚一寸密理邁當用光帶內各色光線依次透過而得各色之旋度正紅色十九度金黃色二十一度正黃色二十三度正綠色二十八度正藍色三十二度深藍色三十六度淡紫色四十一度又用水精一片厚二寸密理邁當得正紅色之旋度三十八度淡紫色之旋度八十二度

第五百一節　各色之光條出水精片之時其盪動成漩面各色不同若透過之光射至分光片上與分光片之面相合即能透過若以分光片緩旋之即不能透過之光條可依次透過矣

第五百二節　旋度之理其故因有二箇極光條為圓形者彼此相激其光條順顆粒之視樞線速率不同一光條旋轉自左向右又一光條旋轉自右向左故有旋轉之事也

長洲沙　英繪圖

桐鄉沈善蒸校字

光學卷下

原跋

此書述著名格致家論光之形性令人知空中及各質內俱有傳光氣此傳光氣能傳光亦能傳熱若不信傳光氣之說而用質點之說則光理必扞格不通光浪與熱浪從日至地歷時八分此八分時內在空氣中必減少其光與熱設有空處一立方里一刹那間得光與熱試問此光與熱究爲何物則必念光與熱之徵驗而分其體用體不見而用可見也此一立方里內光熱已滿究有何事可知光與熱之性情能令物動能起重物動輪車放礮彈不用火藥等俱屬光與熱之作爲既能動物則必有自動之性矣一立方里之光熱能動各物人第知動之一事屬於物而不知動物之物爲何物解之曰是以脫類也此氣與尋常氣不同所以不同之故未可詳解其氣動時感動別質能令別質盪動蓋此氣具有物質之性若無質安能感動他物耶格致家知其動法有二一光順直線而行二盪動成浪而行奈端先創光順直線發質點之說後有拉不拉司畢亞普兒斯登馬勒司皆信發質點之理由是光學之不能解者甚多其言不足徵惟用傳光氣浪之說始可解光學一切之事本書所言者是也一事合推之萬事亦無不合光浪之理可解明回光折光歧光性情厚顆粒片薄顆粒片之色各體之色極光之理極光透過顆粒之豔色此理在光學中開無數法門學者由是有從入之路不然若夜行之無燭也近時著名格致家云傳光氣亦無永動之性且依定理傳其本體之盪動於他體他體盪動亦類是熱學中言熱有力而令物動曰光之熱射至地面其能力甚大若無傳光傳熱之氣質必不能至地面也

脫麥司養未見聲浪之象設想聲浪之形既設想聲浪之形又考傳光氣之浪以爲傳光氣不與地球之空氣同動苟同動即不能解說光行差之理又言傳光氣浪行過地球若一陣風吹過樹林之狀後有英人思多刻思云可用以脫與有凹凸力之實質相比以解說光行差之理不必用風吹樹林之說取譬也此二人者皆極信傳光氣成浪之說也

法人飛續曾試驗一體動時能令包其本體質點之傳光氣同動若引動之有帶動也然同去與否尚未能定惟著名之人試此事可知近時格致名家俱信傳光氣之理余言光浪之理雖爲準確然聞是說者不必信之而無所疑百年前用奈端光爲質點之說近時無人能信之近時光浪之說以後或欲改易亦未可定昔有希臘人多祿某以爲地居中心日與行星俱繞之而動奈端之徒信喻力

之理而多氏之說始顯其謬不意光爲質點之說至今亦顯其謬然喻力之理萬難改易天文之故藉喻力之理事事解明今光浪之理亦已事事解明毫無疑義解光浪之理較難解於喻力之理解喻力者云天空測海王星之法爲喻力之確証昔有天文士亞但史力佛理亞兩人測天王星有無法之小動而用喻力之理算得別有一行星加喻力於天王星而生差數於是作書寄伯靈布國京城名天文士嘉勒詳述其算理嘉勒亦信此理用遠鏡測得一行星名曰海王星其徑約三萬六千英里故喻力之理至今無疑矣

發明光浪之理其功與測得海王星略同昔有福而司農得兩視樞線之顆粒內光浪面大小之算式尚未知除歧光以外此種顆粒又有他折光後有算學家海沒兒脫云光浪面有四箇點在此四點光線不分爲兩祇分爲無窮之數且在此四點不成兩形像但成一圓錐形之包海沒兒脫以前人未知有圓錐形之包也力佛理亞告嘉勒云依喻力之理必可測得未知之行星嘉勒測之果有海王星海沒兒脫告六意脫云必有圓錐形之包六意脫將哀來果奈脫顆粒依算理試驗果有圓錐形之包故圓錐形折光爲光浪之確據與測得海王星爲喻力之確據無異也

布國 金楷理 口譯
新陽 趙元益 筆述

論透光三稜體

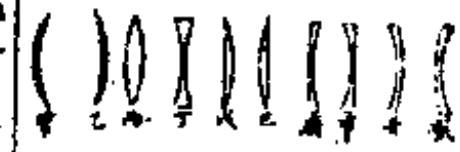
凡有無數光線聚爲光條其形或如圓錐或如圓柱其圓錐或圓柱之軸線即爲光條之軸線若用一透光三稜體則兩等面所成之角謂之稜體折光角稜體之稜必與射光線之軸線成正交光線出稜體之後雖改其方向而尚在同面內若稜體之質較稜體外之質更緊密則光條之軸線入稜體後必有折光線稜體能分白光爲數色此各色光線出稜體時所成角度各不同故成數色長條形名曰光帶　凡用透光三稜體視一物即知二要理一稜在下而觀一物即更低於物之實形稜在上而觀一物即更高於物之實形二所觀之物其界之四周必有紅暈如圖爲透光三稜體剖面圖其面即爲光線射過之面而射光線與稜線成正交已午爲光條之軸線光原在巳點甲爲兩等面之交角故午甲未爲稜體折光角巳酉爲空氣中射光線之方向既至稜體則折光線之方向爲午未光因稜體之質較之

空氣之質更緊密丑午子爲稜體面之正交線與射光線遇於午所以稜體其方向爲未申而寅未卯亦爲稜體面之正交線出稜體其方向爲未申而寅未卯亦爲稜體面之正交線與出光線遇於未光線在稜體內近於正交線出稜體後即更遠也人目在申即見巳點在巳故觀其物較在原處更低射光線與出光線兩方向所成之角謂之光差角如酉戌申角與巳戌巳角是也

光線從一質而入他質內折光角度與射光角度有比例故折光角正弦與射光角正弦有定比例每質內比例不同即每質之折光指也光線過一稜體其光差角與射光角同比例若射光角與出光角相等之時光差角爲最小設欲定某質之折光指可於暗室中持一透光三稜體稜線向下穴牆作小孔光條射入透過稜體而折光至壁後將稜體繞本軸一周而不改稜線之原方向則可改射光角又可改壁上光點之所在若稜體周繞本軸時見壁上之光忽不動則爲光差角最小之時此光差角等於日高於地平之角度與出光線與地平所成角度相合之數設最小光差角以中代之稜體折光角以甲代之折光指若干以亢代之則得式

論透光鏡

透光鏡或以兩弧面爲界或以一平面一弧面爲界茲論



透光鏡分十種依光線自左而右列之如圖甲爲凸凹鏡乙爲凹凸鏡丙爲雙凸鏡丁爲雙凹鏡戊爲平凸鏡已爲凸平鏡庚爲平凹鏡辛爲凹平鏡壬爲小凹凸鏡癸爲大凸凹鏡

凡光條之各光線或漸離或漸近或平行若一光條透過一凸鏡（透光鏡中厚於邊者即爲凸鏡如甲乙丙戊己是也）則光線必漸近所以漸近光線透過之後其相近之速率更大平行光線透過之後必漸近漸離光線透過之後或漸近或平行或相離之速率小於未透過之時若光條透過一凹鏡（透光鏡中薄於邊者即爲凹鏡如丁庚辛壬癸是也）其行法即與凸鏡相反所以漸近光線透過之後其相近速率更小或平行或漸離平行光線透過之後必漸離漸離光線透過之後其相離之速率更大

凡所觀之物其各點或發平行光線而入人目或發漸離光線而入人目天空諸曜雖相距甚遠因發平行光線故能見之某物近目而人欲視之極清者其物離目若干各人不同此事與目內之透光體有相關設有一物離目甚近視之反不能清楚因其物所發光線漸離之速率甚大若用一凸鏡則光線漸離之速率可小即可視之甚清也

欲詳視一物又必知應用光若干方能詳視若光不及應用之數雖竭目力亦不能詳視假如開窗能詳見室中之物若將窗漸閉則視室中之物漸不能清光少故也又有一要理凡欲詳視一物其物所發之光線成角方能見之蓋目爲中心物之四周光線射至目中物愈遠者角愈小至後最小之時視之即不能清楚設用一透光鏡即令物來光線透過之後漸相近目觀物之四周光線相成之角甚大故能見之

設光原之一處發一光條透過透光鏡其各光線之過透光鏡離其中心遠近不同故透過後之光條各光線不聚於一點因此點之形像不能清楚謂之光行差若用數箇透光鏡合之即能令一箇透光鏡之光行差與他透光鏡之光行差相消即得極清楚之形像

凡光條透過第一箇透光鏡其光條之軸線必透過透光鏡中心然透過之後改其方向入第二箇透光鏡則各光條之光線遇第二箇透光鏡之點離中心之軸有遠近之別故離中心最遠之光線與視軸所成交點近於透光鏡離中心最近之光線與視軸所成交點遠於透光鏡所以發光之體能詳視其中而不能詳視其邊也謂之球形差

光線能分爲七色各色光線過透光鏡之後折光角各不同謂之光色差因此周圍有色暈如虹所觀形像之差較之光行差球形差更多

凡平行光條透過透光鏡之後其光線或漸離或漸近其漸離各光線可引長成交點漸近各光線能聚合成交點此兩種交點與透光鏡之而相距若干謂之頂距

欲定凸鏡頂距若干法用一直尺一端置一燭火尺上安置一透光鏡其軸線必與尺平行此透光鏡在尺上略退後再將白紙板豎起則透光鏡在燭火與紙板之間然後試看紙板上燭火之形像最近而最清之時量得紙板與燭火相距若干則爲頂距之四倍

加欲去透光鏡近心之光色差即可用兩種玻璃一名矽養玻璃一名冕號玻璃合成一透光鏡彼此相消其光色差離鏡中心更遠之光線可用數箇透光鏡依頂距而令其相離則可去離心更遠之光色差依此法用數箇透光鏡相合則爲無光色差之目鏡

假如有物離凸鏡若干遠於凸鏡之頂距其物所發漸離之光線過透光鏡後即漸相近以後彷彿成一點成顛倒之形像推算其數可用代數式以明之

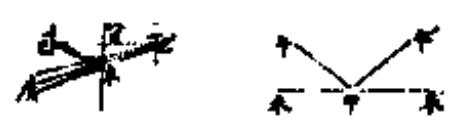
以戊代物與透光鏡之相距已代頂距亥代物形像與戊之比

透光鏡之相距所以此形像與物大小之比若亥戊

此形像之某點與相對物之某點有不同之處物點向各方向發出光線形像上之點因發光之方向與透光鏡有相關而發光之大小亦與透光鏡有相關故與原點異設於形像之處置一白屏即於白屏上見其顛倒之形像自像之各點向各方向發出光線同於物之各點向各方向發出光線但物能觀之甚清者因發無數光線而所成之形像光線無多若其形像大於物體而物體不發極多之光線則形像不明且透光鏡亦能稍減物體之光線

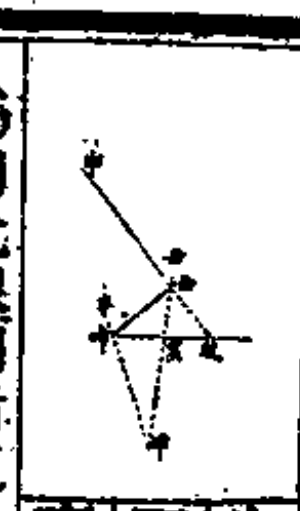
論周光鏡

凡豎面內之光線射至平面上其周射光線必在同面內且射光線與平面所成之角等於周光線與平面所成之角如圖午甲爲射光線未末爲平面周光鏡甲午爲周光線午甲未角與午甲未角相等凡光條依此法射於平面周光鏡周光之後其光條各光線或漸近或漸離其速率與射光線相等且周光線之方向若由周光鏡之後



面而來如圖已爲發光點其光線漸離寅未爲回光鏡射光線至未即回射於戊人目在戊即能見己之形像在己此爲回光鏡後面之虛像其離寅未後面若干與實像離回光鏡前而若干相等所以己寅等於己寅造測量之儀器即用平面回光鏡改光線之方向也

設有光線在兩箇平面回光鏡內兩次回射則第二次回光線與射光線所成之差角等於兩箇



回光鏡引長成角加一倍如圖壬辛壬辛爲兩箇回光鏡申壬爲射光線壬辛爲回光線回射之後光線與壬壬鏡所成之辛壬甲角等於申壬壬角後自辛點回射成辛戊之方向此第二次回射光線與辛辛回光鏡所成之角戊辛甲等於壬辛辛但甲辛亥角等於壬辛辛外角即等於辛壬甲角與辛甲壬角之和且甲亥辛角等於壬亥戊角所以亥壬戊角加申戊辛角等於甲辛亥角加辛甲壬角又辛壬甲角等於辛甲壬角之二倍此因甲辛亥角必等於辛壬甲角與辛甲壬角之和但亥壬戊角等於申壬壬角亦等於辛壬甲角所以去其兩箇等角餘申戊辛角等於辛甲壬角之二倍

論弧面回光鏡

弧面回光鏡與弧面透光鏡其理相同惟有一相反之事凹回光鏡回射之光線相近之速率更大其功用與凸透光鏡相同凸回光鏡回射之光線相離之速率較大於射光線漸離之速率其功用與凹透光鏡相同凡凸回光鏡有光行差球形差而無光色差天文家所用之回光鏡因各曜之射光線皆爲平行其去球形差之法再用一拋物線形回光鏡凡凸回光鏡欲去其球形差則必用比圓界更凸之回光鏡

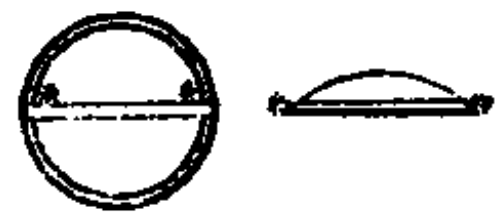
用矽養玻璃造極大之透光鏡難得佳者近時欲造無光色差之物鏡又名象鏡尚未得他法所以大遠鏡皆用球形或拋物線形之回光鏡天文家俟失勒造極大之遠鏡長四十尺其回光鏡之全徑四尺西士羅斯伯造極大之遠鏡長五十六尺回光鏡之全徑六尺

所用之回光鏡用金類爲之造此回光鏡者欲去其散光之差甚難茲將造拋物線形回光鏡之法述之如左

用淨銀六兩淨銅十六兩此二質皆成長方形體厚與闊各三寸用金類絲縛之置於火爐鎔化內加硼砂與火硝在爐中調和之濃如牛乳油成一大塊傾出置軋輪中軋數次後置於火爐內令其稍軟而不脆已成之後爲一方片每邊長二十八寸去其四角成一圓片擊時須留意不致損其邊置於凹形木塊上將銀多之面

向上銅多之面向下（鎔時銀重於銅故銀常在下）用堅木作錘兩頭皆圖如圖丙丁先擊其邊徐從邊旁而至中心已擊成凹形即將此物置於機器上銀多之面向下合於銅作之凸頭如圖之甲旋轉於上轉時用木錘擊銅多之一面後用外模試之合於拋物線否如圖之寅

○每遍擊一次再令其稍軟其法先用水令稍濕後用炭粉一升硝一兩兩物相合置於濕面相粘安置金類片於木炭火上烘之待其所黏之粉已化氣而離散即知其熱已足後將此物浸於礬水（此礬水用銅黃硇砂二升又用清水五斗或六斗沖入令淡）再置於淨水內洗之用細砂磨光然後置此物於鐵架內在其頂作一小孔即為回光鏡之中心　用有佛逆之規定其一尖於中心而以一尖劃成圓周而或鋸或銼之置此鏡於鋼作凸頭上如甲擊之後用一輕木錘外包洋皮紙擊之再用外模試之如寅合於拋物線否如有不合之處作一記號仍用木錘外包洋皮紙擊之待各處皆合可置一燭火於拋物線之光頂若處處明亮則可知此鏡全合於拋物線而無差若不能處處明亮則知不全合於拋物線仍用外模試之而擊其不合之處以後置燭火而各處光勻即為無差然後加折邊與背帶用銲金銲之



如物物庚庚兩圖已銲之後可以磨光其法先用硬木炭一塊磨之後用橄欖油并極細爛石粉置於一細布袋內擦之用細絨布醮橄欖油揩擦令淨用鉛粉同水洗之用軟布揩之用手醮水與紅粉揩之用麂皮擦之此事非尋常人所能須知揩擦四周必合於拋物線之軸線　羅斯伯造大遠鏡之回光鏡用紅銅一千二百六十四分錫五百八十九分造此鏡時用一範模其底有極細之眼熱氣從底而出鎔汁不致流出令其速冷此器特造一機器磨光不用人工鏡已磨成而欲試其究準與否即用一時辰表置於桅竿上與回光鏡相距九十尺設回光鏡能回射一極準之形像即可謂無差

論顯微鏡

顯微鏡之用能令近處之小物放大而可觀凡凸透光鏡皆可為顯微鏡前已言透光鏡有光行光色球形三差透光鏡之力愈大差亦愈多如所觀之物祇欲其稍大即用一凸鏡亦可設欲觀一大而不差之形像即用數箇凸鏡合而成之去其差數小玻璃球可代大物之顯微鏡如用光差極大之質造一薄透光鏡更妙因玻璃球之頂距離

其中心爲一箇半徑又二分之一此小物離球面爲半徑之二分之一若此玻璃球周圍作一縫以不透光之黑質置於縫內則玻璃球之折光更大

金剛石之光差甚大可作顯微鏡又可用光差極大之寶石作顯微鏡如此則光行差較少於玻璃又可用加拿大所產波勒殺末一滴置於薄玻璃平面上令極勻若此漆類上不沾微塵可代極好之凸鏡

無光色差之顯微鏡有四箇透光鏡并一隔邊物鏡在外次隔邊次放大鏡次內鏡次目鏡造相合之顯微鏡依各透光鏡之頂距而定其相距若干除去光色光行球形三差內鏡與目鏡相合總名曰目鏡物鏡與放大之鏡相合成一大形像與目鏡之光頂相合入目用目鏡觀此光頂處之大形像凡相合之目鏡其光頂在放大鏡與內鏡之間者爲實目鏡若光頂在內鏡與目鏡之間者爲負目鏡所以實目鏡之形像在放大鏡與內鏡之間負目鏡之形像在內鏡與目鏡之間

顯微鏡之最精者其物鏡用兩透光鏡相合去光色光行球形三差所以配成上等之鏡須用矽養玻璃爲凹透光鏡中置兩種凸透光鏡一用冕號玻璃造成又一種用荷蘭國玻璃片造成

遠鏡或顯微鏡可試知放大之力有幾倍即將物鏡對準燭火而在近目鏡處安置一白屏待屏上之物形已清楚則物鏡半徑與形像全徑之比若物體與遠鏡或顯微鏡放大力之比

凡用顯微鏡詳視一物必加多光於物上此因物小如一點加大之則光少而不足也且光點透過顯微鏡亦稍能減去其光線故必有多光方能詳細見之

顯微鏡亦有用回光之法者此器內用一凹回光鏡代透光物鏡惟頂距不長此物鏡置於器內視軸之傍與視軸相距若干即垂線同自垂線遇視軸之點至鏡心若干稍大於頂距然後在垂線遇軸線之點置一小平回光鏡其面與軸線成四十五度之角而垂線並軸線遇平回光鏡之面須爲平線後用多光照於物上從物發出之光條在平回光鏡並凹回光鏡回射之後成一大形像用一無光色差之負合目鏡觀之所用負合目鏡爲荷蘭人海更士之法

凡用一顯微鏡詳視小物若微有震動則看之不能清楚故用轉動之螺絲必用平速力而動且顯微鏡之合用者在乎造法之精良得者不可不愼擇之凡較準目鏡必當用螺線形之法條加緩動之夾螺絲法條抵力不令其震

動最精顯微鏡爲德倫敵之法購時亦必以小物試觀

論遠鏡

用透光之法作遠鏡有一凸物鏡與一目鏡此目鏡或單或雙依用處相配等常遠鏡有兩箇凸鏡如圖辰爲物鏡其頂距甚長所以放大之力不多其頂距必在遠鏡管內戊爲目鏡頂距甚短所以放大之力甚多凡欲詳視遠物此兩箇透光鏡相距若干等於兩頂距之和數所觀之物其顛倒之像在壬爲兩頂距相合之處此形像所發光條透過目鏡之後爲平行光線故人目易見之天空諸曜可用此遠鏡觀之也

此法遠鏡放大之力之比若物鏡頂距與目鏡頂距之比所以加物鏡頂距之長即減目鏡放大之力若減目鏡頂距之長即加物鏡放大之力昔時尚未知去光色球形兩差故即用上法此時測天者用一長竿置物鏡於長竿上目鏡在近地之處海更士所用之長竿長一百二十三尺意大里人西客新賣所用之長竿長一百五十尺

如欲得極明之物像必知物鏡所成之形像其光線透過目鏡之後不可過於眼之瞳人其光力與物鏡全徑平方有比例又與放大之力之平方有反比例又透光鏡亦能稍減其光線故用透光鏡愈少愈妙近時測望家所用透光遠鏡有一無光色差之物鏡以兩箇透光鏡合爲目鏡造此目鏡法有數種述之如左

海根士法之合目鏡用兩箇凸平透光鏡其平面向人目兩透光鏡頂距爲三與一之比其兩鏡之相距爲二如圖己爲長頂距之透光鏡即內目鏡與物鏡最近如用此遠鏡詳觀一物內目鏡在物鏡與其光頂之間且此內目鏡與物鏡光頂之相距等於內目鏡之半頂距透過物鏡之光條成一形像於內目鏡以後即在兩箇目鏡之間與內目鏡之相距等於兩目鏡相距之四分之三又因光條透過內目鏡聚合之速率更大故成形像之處在合目鏡之間如壬丙爲外目鏡其光頂在壬此法之合目鏡令各光線之折光在兩鏡平分故能減少光行差與球形差且兩鏡頂距與相距之比例又去光色差此爲最佳負合目鏡其形像最明若用同光鏡而又用此種合目鏡較勝於他法設於成形像之處置十字線或用分微線即不可用此法之合目鏡

喝浪斯登法之合目鏡爲正合目鏡用分微線與十字線必用此喝浪斯登之法如圖其合目鏡爲兩箇透光鏡其

頂距相等一爲平凸一爲凸平兩凸面相對相距之數得頂距三分之二欲詳觀一物內目鏡已距物鏡辰若干等於物鏡之頂距又加本頂距四分之一則物鏡之光頂與合目鏡之光頂相合且從壬形像發出之光線離外目鏡戊而平行此種合目鏡非無光色差但其光行差較少於海更之法

凡用一合目鏡無論爲負爲正必用一隔邊於成形像之處可去形像外之散光也

上所言合目鏡其發至人目內之光線成顛倒之形像測望天空諸曜亦屬可用凡欲觀天頂諸星可用透光三稜體或用一平面回光鏡回射光線至合目鏡上則合目鏡之軸線與此器之軸線成正角此法之合目鏡謂之對角線目鏡

凡欲觀地面之物必不可有顛倒之形像所以物鏡中顛倒之形像必用一目鏡再顛倒之此法之目鏡與顯微鏡有同理即爲一物鏡一隔邊一加大之鏡一內鏡一目鏡此內鏡與目鏡相合或爲負或爲正此法多用一透光鏡而稍減光線測望家所用之合目鏡須極明夜間觀星不宜減少光線故宜用觀天之合目鏡

觀天之遠鏡內用一凹目鏡代凸目鏡其頂距相同此爲意大里人割裏留之法如用此遠鏡詳觀一物物鏡與目鏡之相距等於其頂距如圖辰爲物鏡物體光線透過之後成形像於兩箇透光鏡相合之光頂但光線透過凹目鏡戊之後俱爲平行所以能詳觀一物如欲知觀天遠鏡放大之力有幾則當知物體與形像之比若物鏡頂距與目鏡頂距之比用回光之法作遠鏡　近時能造無光色差與球形差之物鏡故可成極大力之透光遠鏡然造極大之矽養玻璃甚難故透光遠鏡無有極大者有人用回光鏡代物鏡回光鏡無光色差依法而造成極大之遠鏡造此回光鏡有四法一爲奈端之法一爲格而格倫之法一爲恰惜格倫之法一爲候失勒之法

奈端回光遠鏡之法如圖申爲凹回光鏡物之光線回射至寅平回光鏡再回射至合目鏡內此平回光鏡與遠鏡軸線成四十五度之角且在凹回光鏡與其光頂之間從寅鏡回射之光條成形像於壬此爲目鏡之光頂

格而格倫回光遠鏡之法如圖申爲凹回光鏡未爲小凹回光鏡末鏡之頂距小於申鏡之頂距而末鏡之光頂近

於申鏡之光頂但稍遠於申鏡光頂之離申鏡另加一合目鏡遠物光條射至申回光鏡回射之後其光頂在辛即成顛倒之形像此形像從未回光鏡回射成一正形像在目鏡之光頂壬如觀地面之物此法之回光鏡較勝於奈端之法因其形甚準但奈端之法形像更明而光行差較少凡造此大小兩回光鏡欲其相合而彼此相消其光行差非易事也恰惜格倫回光遠鏡之法有二箇回光鏡與目鏡與格而格倫之法同惟用凸回光鏡代其凹回光鏡此凸回光鏡在申處凹回光鏡與其光頂之間與光頂相距略短於本頂距之長然其目鏡內之形像不正與格而格倫之法相比光行差較少管亦稍短然測天用此不及奈端鏡之清楚且有顛倒之形像觀地面之物亦不便也

候失勒回光遠鏡之法如圖此遠鏡之軸線與申凹回光鏡之軸線成一極小之角所以遠物光線射於回光鏡上回射至己合目鏡內所成之形像在壬此法祇用以作極大之遠鏡前法用凹回光鏡平回光鏡兩次回射減散之光不少故候失勒設此一法令減散之光甚少也

透光遠鏡校準并試驗之法　假如有透光遠鏡頂距長三尺半徑三寸又四分寸之一欲試驗其物鏡即置管甚平取一張有字之紙貼於牆上離遠鏡三十或四十碼之遠若所用之目鏡為觀天之用必以字紙倒置之所用之目鏡為觀地面物之用必以字紙正置之晴天之光照於紙上再用螺絲較準遠鏡觀紙上字黑而無他色與模糊之象即知此物鏡甚佳如看字紙上有細點即知此遠鏡看地面上之物甚佳余意欲用遠鏡觀天可於離遠鏡三十或四十碼之遠貼一黑紙於牆上此黑紙上黏一白色圓片徑四分寸之一或更少亦可後用遠鏡觀此圓片至極清楚則用筆於管上作識以後觀天不必移動設將遠鏡之管或推進或抽出即見黑紙上圓片漸大界亦不清此不清楚之大圓界與圓片之邊同心即知物鏡在管之中若不清楚之大圓界與圓片之邊不同心即知物鏡之心不合於管之軸線必旋轉物鏡架之螺絲用一圓銼（略如蝦尾形）銼令螺絲眼更長再安置物鏡於管內用木錘輕擊遠鏡筩之邊試看其心偏於何處而擊正之令其兩心相合仍將遠鏡或推進或抽出觀其兩心已合與否抽出鏡筩而觀圓片周圍有白光即可旋其螺絲令架與遠鏡之管相合而牢固

前事已定即可試合物鏡之弧面彼此相對與否此三尺半頂距之遠鏡已得觀物清楚之識然後以管或推進或抽出十分寸之一而看圓片之邊有模糊之象即可知物鏡彼此相合而無差設進退俱能如此即可知物鏡甚合可無球形差與光行差設管之進退過於十分寸之一而圓片之邊仍能清楚則知合物鏡不甚佳光行差未能彼此相消也設抽出管時觀圓片之邊更大且無別色祇有白光即可知合物鏡無球形差與光色差

凡物鏡無球形光行兩差則此遠鏡觀地面之物甚佳設欲驗此遠鏡能否為觀天之遠鏡可觀月與木星得其清楚之象而作識後略推進鏡管看四圓有褐色之圈再抽出鏡管看四圓有淡綠色之圈即知它色之二界色即紅紫二色

已去設所用之物鏡其折光之力有一處不勻若用以觀一等或二等之大恆星必有不圓之形即是物鏡折光之力不勻也

試驗物鏡又有一法先以白圓片黏於物鏡中心圓片之全徑等於物鏡之半徑後將鏡管或推進或抽出而觀一物已清即去圓片於其周圍黏一紙圈而觀之如亦清即無折光不勻之弊若須抽動而觀之方清即有不勻之弊又可用上法觀第一等恆星即知所觀恆星有不圓之形在用圓片時有之抑在用外圈時有之可定其不勻之處或在邊或在中再用紙糊其半圓而轉動遠鏡試看不圓形之所在即可得其不勻之處用紙糊其一處雖稍減其明而已去其不勻之差數矣

凡用遠鏡觀恆星之形愈小即知合物鏡之弧面甚準然觀恆星之形雖大尚不足為物鏡之弊設有不圓之形即知此合物鏡不能甚準凡試驗一觀天之遠鏡可掛一玻璃球於日光中離遠鏡四十碼代一恆星而觀之試驗此合物鏡時所觀之玻璃球應對準物鏡之中心依上法試驗合物鏡其相連之目鏡須用負合目鏡

凡看黑紙上之白圓片甫清楚之時見有黃色或紅色之圓周即知合目鏡尚有光行差若合目鏡之兩弧面彼此相合即可略改其相距而去光行差然測天之事總須用一甚準之物鏡也

同光遠鏡校準并試驗之法　凡欲定恰惜格倫或格而格倫法之兩箇同光鏡相距即用喝浪斯登法之正合目鏡能見兩鏡光頂相合處之形像後再用此正合目鏡置於海更士法負合目鏡之外此合目鏡已在遠鏡管內而由此正合目鏡試觀負合目鏡從此得大同光鏡之形像若於大同光鏡中心能見小同光鏡之形像即可知兩同光鏡之相距

不差設不差必用螺絲轉動小回光鏡或前或後或左或右若大回光鏡之面與管之軸線成正角即已配準不可再動設未成正角即當修好而後改小回光鏡之差

凡欲試驗兩回光鏡果否彼此相合而無差必用此遠鏡觀恆星或觀黑紙上之白圓片俱如上法既觀恆星先看恆星之環清楚與否或已清楚而有凸處則推進小回光鏡離大回光鏡稍遠又抽出小回光鏡離大回光鏡更近兩次進出離前所定清楚之識其遠近相等又觀恆星之環未改變即知彼此相合而無差　凡欲試驗大回光鏡合用與否可於管口之中心置一圓片待形像業已清楚然後去中心之圓片易一外圓圈若仍能清楚即可知大回光鏡甚合而不必推動設不清楚則知此大回光鏡不合詳測天文之事不能用之當圓片或圓圈在管口時不清楚而如霧質此為一回光鏡或兩回光鏡有光行差不能彼此相消凡遠鏡開全管口觀物不能清楚可用一蓋其徑等於管口全徑之半如此其孔已減一切之光線從開處一邊而進

論太陽顯微鏡

此顯微鏡所成之形像在白屏上其理如圖未為平回光鏡太陽之光線由此鏡回射入管內與管之軸線平行丙為凸透光鏡聚光線於辰點即光頂　丁已為加大透光鏡與辰點相距遠於加大合鏡之頂距此頂距等於已鏡頂距四分之一已與寅為加大合透光鏡其頂距相等其相距等於公頂距三分之二此與喝浪斯登目鏡之法無異丁為隔邊與寅透光鏡相距等於加大合鏡之頂距此頂距等於已鏡或寅鏡頂距四分之一此加大合鏡一應平凸一應凸凹兩鏡半徑之比若一與十五之比用此法形像在白屏為平形喝浪斯登之法亦此意也　欲成平形其形像應在辰點與已鏡相距遠於加大合鏡之頂距所以物上光線過兩透光鏡之後光線稍相離成顛倒之形物之形像離已鏡若干與屏離隔邊若干有相關

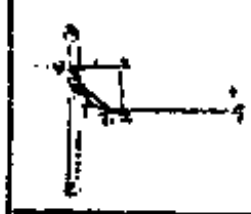
論收景暗鏡

此器上有平回光鏡山水樹木之各光線射至平回光鏡有回射之光線先過隔邊再透過一平凸鏡而各光線漸相近即於暗箱內屏上成一形像其隔邊與平凸鏡在一管中管通暗箱管外之光不能至暗箱內隔邊與平凸鏡之相距應試定而成清楚之形於暗箱內屏上其屏之形為拋物線周繞本軸所成之面此拋物線頂之半徑為亢與已相乘之數亢代透光質之折光指已代透光鏡之頂

距依此法用石膏作一弧面之屏與透光鏡之相距稍遠於鏡之頂距後試觀各物形像清楚與否與屏離透光鏡若干有相關山水樹木近遠不同設將收景鏡安置於人居稠密之處即可見屏上有各物活動之形

論收景明鏡

此器用一透光四稜體如圖甲乙丙丁為橫剖面形此透光四稜體用夾軸可任意轉動又可任意上下離桌或遠或近甲乙與乙丙相等乙角為正角甲丁與丙丁相等丁角為鈍角得一百三十五



度甲丙兩角各得六十七度三十分用金類片蓋於甲乙面上其邊凸過甲稜片有長縫可透光而甲稜適當長縫之間午為物件午未為物體所發光條之軸線此線過乙丙面成直角射至丁丙面成二十二度三十分之角從此面回射之光線為未申至甲丁面亦成二十二度三十分之角故射至甲乙面其出方向為申酉與甲乙面成直角故無折光入目從金類片之長縫觀之即見午物之形像在巳即在桌上與甲乙面之相距等於午物與乙丙面之相距若令稜體升降與桌面之相距等於物與稜體之相距可於桌上置一紙而畫其圖若午物離乙丙面甚遠必將凹透光鏡置於乙丙面前則光線透過凹鏡可令物形漸近紙上之形與甲乙面之相距亦等於物形與乙丙面之相距

[General Information]
书名=丛书集成续编082
作者=
页数=724
SS号=0
出版日期=

先秦史论坛
http://www.zgxqs.cn/bbs/

子居　打包上传